

**TUGAS AKHIR**  
**(KL 1702)**

**INTERPRETASI MEDAN ANOMALI GRAVITASI  
DI LAUT MALUKU DAN LAUT SERAM  
UNTUK EKSPLORASI DI BAWAH DASAR LAUT**

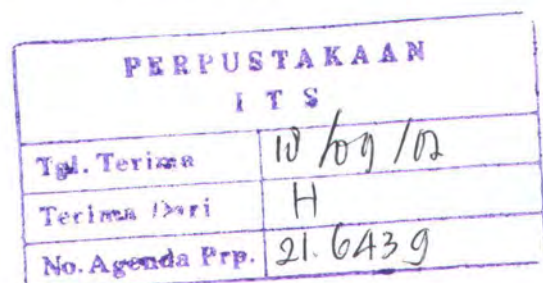


Oleh :

**DIDIK SETYA PRAMONO**  
**NRP. 4398.100.045**

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2002**

RSK  
551.39  
P121  
I-1  
2002



# LEMBAR PENGESAHAN

## INTERPRETASI MEDAN ANOMALI GRAVITASI DI LAUT MALUKU DAN LAUT SERAM UNTUK EKSPLORASI DI BAWAH DASAR LAUT

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Surabaya, September 2002

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



**Dr. Mahmud Musta'in, MSc.**

NIP. 131.869.967



**Dr. Ir. Wahyudi, MSc.**

NIP. 131.842.502

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Telahi Kami utus beberapa Rasul Kami dengan tanda-tanda yang nyata dan Kami turunkan bersama mereka Al-Kitab dan Neraca (mana yang benar dan mana yang salah) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan (senjata) yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, dan supaya Allah menguji siapa yang menolong (agama)Nya dan Rasul-RasulNya padahal Dia tak dilihatnya (gaib). Sesungguhnya Allah Maha Kuat Maha Perkasa (mampu melaksanakan kehendakNya).*

*Al-Qur'an; surat Al-Hadid (Besi); ayat 25.*

*We sent aforetime Our Messengers with clear signs and sent down with them the Book and the Balance (of right and wrong), that men may stand forth in justice. And We sent down Iron in which is (material for) mighty war as well as many benefits for mankind, that Allah may test who it is that will help, unseen Him and His Messengers. For Allah is Full of Strength Exalted in Might.*

*The Holy Qur'an; surah Al-Hadid (Iron); verse 25.*





## PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Demi masa Sesungguhnya manusia itu merugi, kecuali orang – orang yang beriman dan beramal sholeh dan saling berpesan dalam kebaikan dan kesabaran. ( Q.S. Al- 'Ashir ).*



## PERSEMBAHAN

### *Kupersembahkan Tugas Akhir Ini Kepada:*

#### *Ibunda dan Ayahanda tercinta:*

*Ibu Sulastris dan Bapak Soemadi (alm)*

#### *Kakak-kakakku tercinta:*

*Mas Djoko*

*Mbak Liest*

*Mas Agung*

*Mas Sigit*

#### *Almamaterku tercinta:*

*Jurusan Teknik Kelautan*

*Fakultas Teknologi Kelautan*

*Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya*

*(Berawal dari nafasmu, do'amu dan harapan-harapanmu aku tetap kokoh berdiri).*

*(Kasih sayang yang tulus dari mereka yang saling mencintai akan memberikan kekuatan kepada mereka yang ada didalamnya. Do'a dari mereka lebih berharga dari pada jutaan mutiara di dasar laut).*



## ABSTRAK

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Jika engkau merasakan terusik oleh panasnya matahari, keringnya musim gugur dan dinginnya musim dingin, dan kau terlena oleh pesona musim semi, coba katakan padaku, kapan engkau dapat menuntut ilmu? (Ahmad Bin Faris Ar-Razy).*



## ABSTRAK

Eksplorasi sumber daya alam di bawah dasar laut dengan metode geofisika dimaksudkan untuk menyelidiki atau mendapatkan deposit hidrokarbon yang tersembunyi (minyak, gas bumi, dan sumber mineral-mineral lain). Metode gayaberat adalah salah satu dari metode geofisika, dimana prinsip utama dari metode ini adalah mengukur variasi perbedaan gravitasi secara lateral dari suatu daerah observasi di permukaan bumi dan mengoreksinya dengan pengukuran atau dengan harga gravitasi teoritis yang selanjutnya akan dibuat peta anomali gravitasi yang dapat dihubungkan dengan keadaan struktur geologi di bawah permukaan. Harga dari pengukuran gravitasi di daerah observasi sangat tergantung dari variasi lateral densitas material di permukaan bumi, topografi, elevasi, posisi lintang, dan pasang surut pada daerah observasi. Studi dari Tugas Akhir ini adalah menginterpretasikan anomali medan gayaberat di Laut Maluku dan Laut Seram untuk eksplorasi hidrokarbon di bawah dasar laut. Interpretasi dilakukan dengan menggunakan data sekunder dari peta anomali gayaberat Bouguer Indonesia dan didukung dengan peta sedimen dasar laut, peta sumber daya mineral dan energi, dan peta struktur geologi untuk Laut Maluku dan Laut Seram. Interpretasi dilakukan dengan menggunakan bantuan software GRAV2DC untuk output dua dimensi, software AutoCAD 2000 dan Winsurf untuk output tiga dimensi. Dari interpretasi dapat diketahui tipe dari struktur di bawah dasar laut dan memprediksi kedalaman, volume, dan bentuknya. Laut Maluku I posisi kedalaman: berkisar 2,431 km sampai 2,485 km dari dasar laut; volume:  $2,389 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ; bentuk: anomali negatif. Laut Maluku II posisi kedalaman: berkisar 1,881 km sampai 2,343 km dari dasar laut; volume:  $1,049 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ; bentuk: anomali negatif. Laut Seram posisi kedalaman: berkisar 1,562 km sampai 2,485 km dari dasar laut; volume:  $9,383 \times 10^9 \text{ m}^3$ ; bentuk: anomali positif. Juga dilakukan interpretasi dengan perhitungan manual pengaruh gayaberat bola dan silinder horisontal dengan Metode Talwani. Dari interpretasi ini dihasilkan grafik dengan pola yang sama dengan output GRAV2DC.

**Kata Kunci:** Interpretasi, Gayaberat, Anomali, Geofisika, Eksplorasi

## ABSTRACT

*Exploration of subsurface resources under the sea with geophysics method are to research or to obtain deposit of hydrocarbon which is hidden (such as oil, gas, and other mineral resources). Gravity is one of geophysics method, the principal from this method is to measure the differences of gravitation laterally from an observation territory by the surface of the earth and to correct with measurement or with the gravitation theories value and continued by making anomaly gravitation map which is able to be related with geology structure condition under the surface. The value of gravity measurement at observation territory depends on laterally density variation material on the earth surface, topography, elevation, across position, and subsidence at observation territory. The study from this Final Project is to interpret the gravity of the field at Maluku Sea and Seram Sea to explore hydrocarbon at under sea. At first, interpretation is done by using secondary data from anomaly gravity Bouguer Indonesia map and supported with seabed sediment map, mineral and energy resources map, and geology structure map from Maluku Sea and Seram Sea. Second, interpretation is done by using software GRAV2DC help to generate output two dimension, software AutoCAD 2000 and Winsurf to generate output three dimension. From the interpretation result would be known the type of subsurface resources and predicting its depth position, volume, and shape. Maluku I Sea depth position: about 2,431 km to 2,485 km from seabed; volume:  $2,389 \times 10^{10} \text{ m}^3$ ; and shape: negative anomaly. Maluku II Sea depth position: about 1,881 km to 2,343 km from seabed; volume:  $1,049 \times 10^{10} \text{ m}^3$ , and shape: negative anomaly. Seram Sea depth position: about 1,562 km to 2,485 km from seabed; volume:  $9,383 \times 10^9 \text{ m}^3$ , and shape: positive anomaly. Finally, interpretation with manual count the effects of ball and horizontal cylinder gravity with Talwani Method. This interpretation result same pattern graphic with output GRAV2DC.*

**Key Words:** Interpretation, Gravity, Anomaly, Geophysics, Exploration







## KATA PENGANTAR

بسم الله الرحمن الرحيم

*Sebaik-baik pemberian Allah kepada seseorang adalah agalnya, tak ada sesuatu pun yang setara dengan-Nya. jika Dia telah memberi kesempurnaan bagi seseorang, maka sempurna pula akhlak perbuatannya. (Ibrahim Bin Hasan).*



## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya, sholawat serta salam semoga tetap terlimpahkan atas Nabi Muhammad Sallallaahu ‘Alaihi Wasallam sehingga penulis diperkenankan dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini mengambil judul: **“Interpretasi Medan Anomali Gravitasi Di Laut Maluku Dan Laut Seram Untuk Eksplorasi Di Bawah Dasar Laut”**.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan untuk menyelesaikan studi program sarjana (Strata-1) pada Jurusan Teknik Kelautan - Fakultas Teknologi Kelautan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Metode gravitasi atau gayaberat adalah merupakan salah satu dari metode geofisika yang diperlukan untuk eksplorasi selain dari metode magnetik, dan metode seismik. Metode ini mempunyai prinsip utama mengukur variasi perbedaan gravitasi secara lateral dari suatu daerah observasi di permukaan bumi dan mengkoreksinya dengan pengukuran atau dengan harga gravitasi teoritis yang selanjutnya akan dibuat peta anomali gravitasi yang dapat dihubungkan dengan keadaan struktur geologi dibawah permukaan.





Studi ini dimaksudkan untuk menginterpretasikan model dari cekungan hidrokarbon di bawah permukaan laut dengan menggunakan data sekunder dari peta anomali gayabarat Bouguer Indonesia dan didukung dengan peta sedimen dasar laut, peta sumber daya mineral dan energi, dan peta struktur geologi untuk Laut Maluku dan Laut Seram. Interpretasi ini dilakukan sebagai salah satu metode awal yang digunakan untuk mengetahui struktur geologi dibawah permukaan dasar laut untuk keperluan eksploitasi hidrokarbon.

Harapan dari penulis semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi civitas akademika Teknik Kelautan pada khususnya dan ITS pada umumnya. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini jauh dari kesempurnaan dan banyak kekurangannya, sehingga kami berharap masukan-masukan, kritik serta saran yang bersifat membangun yang nantinya akan bermanfaat bagi kesempurnaan dan pengembangan lebih lanjut. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, bangsa, negara dan agama, khususnya dibidang teknologi kelautan. Amin.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Surabaya, September 2002

Didik Setya Pramono





## UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Perhiasan seorang pemuda di tengah masyarakatnya ialah keluhuran akalnya, meski sedikit kekayaannya. Dan keburukannya di tengah masyarakat adalah kekerdilan akalnya, meski tinggi nasab keturunannya. (Ibrahim Bin Hasan).*



## UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis. Oleh sebab itu, maka pada kesempatan ini penulis dengan tulus ikhlas ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Sulastri dan Bapak Soemadi (alm), serta seluruh anggota keluarga di Tambakrejo yang telah memberi dukungan moral, material serta do'a hingga aku bisa kuliah di Teknik Kelautan ini.
2. Bapak Dr. H. Mahmud Mustain, M.Sc. selaku dosen pembimbing I atas segala kesabaran dan kesediannya meluangkan banyak waktu untuk membimbing, serta memberi dukungan, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc., selaku dosen pembimbing II atas segala kesabaran dan kesediannya meluangkan banyak waktu untuk membimbing serta memberi dukungan, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc., selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat, kritik, saran, dan masukan-masukan yang sangat berarti.
5. Bapak Dr. Ir. Paulus Indiyono, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS dengan segala fasilitas di jurusan yang diberikan.
6. Seluruh keluarga besar Jurusan Teknik Kelautan dan Fakultas Teknologi Kelautan (dosen, karyawan, mahasiswa, dan alumni) atas jasa besarnya yang telah diberikan kepada penulis.
7. Kakak-kakakku Mas Djoko, Mbak Liest, Mas Agung, Mas Sigit, yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil selama aku kuliah.



8. Seluruh pimpinan dan karyawan di PPGL, PPPG, dan LIPI-Geoteknik di Bandung atas informasi dan bantuan lainnya yang diberikan.
9. Bank Pembangunan Asia (ADB), dan Program Peningkatan Prestasi Akademik (PPA)-ITS, yang telah memberikan bantuan dana beasiswa kepada penulis.
10. Teman-teman *marine geology/geophysics* L '97: Iwan Juned, Ivan, Ilham Cilik, Miil, Budi Kadir atas pinjaman bukunya, dorongan morilnya, dan penjelasan-penjelasanannya yang sangat berarti.
11. Yudi Brintik dan Maya atas bantuan komputer dan sekalian printernya, *matur suwun banget...!!*
12. Nuril dan Medi Patkey '99 atas dorongan dan pasokan morilnya, juga atas bantuannya selama di Bandung.
13. Andi Kades yang telah memberikan pasokan buku-buku tebalnya, semoga tebal juga manfaatnya.
14. Mamad Madcol atas ilmu kilat AutoCAD-nya, *matur suwun banget...!!*
15. Saudara-saudaraku senasib, sepenanggungan, dan seperjuangan L '98: Agus Nggegek, Udin Cacake, Budi Busyet, Medi Lik-e, Yossie, AB Three Trio Nggegek (Diah Kritink, Indah Si Mont, dan Milka Si Ndut), Tia, Teddy, Iza, Daffy, Willy, Pak Yusup, Pak Suyuth, Rudi, Puguh, Donny Doncol, semua personil Dji Sam Soe (Bambang Paman, Djatmiko, Kodir, Panggi, Bun Bun, Heru Timbul), Lucky, Dadang, Satrio, Punk, Rouf, Mamah, Yenung, Lidya, Arik, Rendra, Sulung, Sosro, Kunto, Sindhu, Destra, Iwan, Andi Gedhek, Wiyono, Zakky, Lalu, Hilman, Isa, Syarif, Amri, Arya, dan Vincent Acong atas kebersamaannya selama di angkatan '98 yang telah banyak memberi inspirasi, support, dan penawar kejenuhan selama kuliah dan selama





mengerjakan Tugas Akhir ini. Terima kasih buaaanyak...!! Atas doa restu kalian aku dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Ingat perjuangan kita masih sangat panjang. Jangan menyerah. MERDEKA !!. *Dongakno aku dadi wong sukses yo?*.

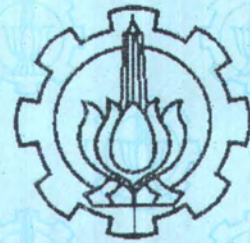
16. Arek-arek Lab. Numod, Opres: Punk, Suhud, Slamet, Sofyan, Breh, dan lain-lain atas bantuan dan kerja sama yang baik sekali.
17. Keluarga Besar Kejawan Gebang VI/17B: Giri, Eko Buagus, Topan, Ta'in, Eko Kodok, dan Yudi Brintik yang telah banyak membantu dalam segala hal, *matur suwun pol-polan lho??*. Semoga kita semua jadi orang sukses. *Amien !!*.
18. Ibu Musawamah sekeluarga yang telah mengijinkan dan merelakan rumahnya untuk dikontrak.
19. Saudara tuaku: Ony, Tommy, Henry, Agus, Devi, Tuti, Rini. Semoga kita tetap saling komunikasi. Sukses selalu untuk kalian.
20. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah sangat banyak memberi dorongan dan bantuan dalam menyelesaikan tugas ini baik secara langsung maupun tidak. Terima kasih banyak.

Hanya do'a yang dapat penulis berikan, semoga segala amal kebaikan dan bantuan yang telah diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Amin.

Surabaya, September 2002

Didik Setya Pramono





## DAFTAR ISI

بسم الله الرحمن الرحيم

*Gunakanlah malam sekehendak hatimu sesungguhnya malam itu siang bagi orang yang  
berpikiran tajam. (Imam Al-Asusi).*



## DAFTAR ISI

	halaman
Halaman judul.	i
Halaman pengesahan.	ii
Halaman persembahan.	iv
Abstrak.	v
Kata pengantar.	vii
Ucapan terima kasih.	ix
Daftar isi.	xii
Daftar gambar.	xvii
Daftar tabel.	xxiii
Daftar grafik	xxiv

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang.	I-1
1.2. Perumusan masalah.	I-4
1.3. Tujuan.	I-5
1.4. Manfaat.	I-5
1.5. Batasan masalah.	I-6

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan pustaka.	II-1
2.2. Landasan teori.	II-2



2.2.1. Prinsip-prinsip dasar.	II-2
2.2.1.1. Gravitasi atau gayaberat.	II-3
2.2.1.2. Percepatan gayaberat.	II-3
2.2.1.3. Potensial gayaberat.	II-4
2.2.1.4. Variasi gayaberat dengan lintang.	II-6
2.2.2. Anomali gayaberat.	II-6
2.2.3. Harga satuan gayaberat bumi.	II-9
2.2.4. Elipsoid referensi.	II-10
2.2.5. Pengukuran gayaberat di laut.	II-11
2.2.6. Koreksi data gayaberat.	II-11
2.2.6. Anomali Bouguer untuk pengukuran di laut.	II-16
2.2.7. Densitas batuan dan material geologi di bawah dasar laut.	II-17
2.2.8. Interpretasi medan gayaberat.	II-19
2.2.10. Metode interpretasi gayaberat.	II-19
2.2.10.1. Interpretasi langsung ( <i>inverse modelling</i> ).	II-20
2.2.10.2. Interpretasi tak langsung ( <i>foward modelling</i> ).	II-22
2.2.11. Perhitungan numerik <i>gravity</i> untuk benda dua dimensi.	II-24
2.2.11.1. Pengaruh gayaberat bola Metode Talwani.	II-24
2.2.11.2. Pengaruh gayaberat silinder horisontal Metode Talwani.	II-26
2.2.12. Perhitungan numerik <i>gravity</i> untuk benda tiga dimensi.	II-28
2.2.13. Teknik pemodelan gayaberat.	II-29
2.3. Tinjauan reservoir.	II-31





2.3.1. Batuan reservoir.	II-31
2.3.2. Porositas batuan reservoir.	II-33
2.3.3. Permeabilitas batuan reservoir.	II-34
2.3.3. Saturasi fluida.	II-35

### BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram alir ( <i>flow chart</i> ).	III-1
3.2. Penjelasan.	III-3
3.2.1. Studi literatur.	III-3
3.2.2. Mempelajari <i>software</i> .	III-3
3.2.3. Menentukan lokasi observasi.	III-4
3.2.4. Pengumpulan data-data pendukung.	III-5
3.2.5. Analisa data.	III-6
3.2.6. Rekonstruksi data.	III-7
3.2.7. <i>Input</i> data ke <i>software</i> GRAV2DC.	III-7
3.2.8. Interpretasi data.	III-7
3.2.8.1. Interpretasi dua dimensi GRAV2DC.	III-9
3.2.8.2. Interpretasi tiga dimensi AutoCAD 2000 dan Winsurf.	III-24
3.2.9. Interpretasi dengan perhitungan pengaruh manual gayaberat bola dan silinder horisontal Metode Talwani.	III-28
3.2.10. Pembahasan.	III-29
3.2.11. Kesimpulan dan saran.	III-29



## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa	IV-1
4.1.1. Analisa data.	IV-1
4.1.1. Analisa anomali Bouguer.	IV-1
4.1.2. Analisa sedimen permukaan dasar laut.	IV-4
4.1.3. Analisa sumber daya mineral dan energi.	IV-6
4.1.4. Analisa geologi.	IV-7
4.1.2. Analisa <i>input</i> data.	IV-9
4.1.3. Interpretasi data.	IV-10
4.1.3.1. Interpretasi dua dimensi.	IV-10
4.1.3.2. Interpretasi tiga dimensi.	IV-26
4.1.3.3. Memperkirakan volume cekungan.	IV-33
4.1.3.4. Interpretasi dengan perhitungan manual pengaruh gayaberat bola dan silinder horisontal Metode Talwani.	IV-34
4.2. Pembahasan.	IV-41

## BAB V PENUTUP.

5.1. Kesimpulan.	V-1
5.2. Saran.	V-3

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

1. Lampiran A: *Input software GRAV2DC.*





2. Lampiran B: *Output software GRAV2DC.*
3. Lampiran C: Grafik perbandingan data peta (*observed field*) dengan data interpretasi (*calculated field*).
3. Lampiran D: *Input software Winsurf.*
4. Lampiran E: *Output software Winsurf.*
5. Lampiran F: Peta pendukung.
6. Lampiran G: Lembar presensi dan evaluasi Tugas Akhir



## DAFTAR GAMBAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Sesungguhnya seburuk-buruk binatang melata dalam pandangan Allah ialah orang-orang yang pekak dan tuli, yang tidak mau menggunakan akalunya. (Q.S. Al-Anfal: 22).*



## DAFTAR GAMBAR

	halaman
1. Gambar 2.1. Potensial gravitasi yang merupakan kerja dari gaya tarik $m_1$ terhadap $m_2$ sehingga bergerak dari jarak tak terhingga ke titik O.	II-5
2. Gambar 2.2. Penyusutan data gayaberat dan anomali gayaberat	II-8
3. Gambar 2.3. Koreksi Bouguer. (a) Stasiun diatas dataran datar. (b) Stasiun bawah tanah.	II-13
4. Gambar 2.4. Ambiguitas dari interpretasi gayaberat.	II-21
5. Gambar 2.5. Interpretasi dua dimensi model <i>gravity profile</i> dengan pendekatan kurva.	II-23
6. Gambar 2.6. Interpretasi dua dimensi model <i>gravity profile</i> dengan pendekatan prisma vertikal.	II-24
7. Gambar 2.7. Pemodelan dengan pendekatan pengaruh gayaberat bola.	II-24
8. Gambar 2.8. Kurva interpretasi dua dimensi dengan perhitungan pengaruh gayaberat bola dan silinder horisontal.	II-28
9. Gambar 2.9. Perhitungan numerik untuk benda 3 dimensi ( <i>solid</i> ) dengan Metode Talwani.	II-29
10. Gambar 2.10. Garis penampang yang memotong kontur daerah observasi pada peta anomali Bouguer.	II-30
11. Gambar 2.11. (a) <i>Gravity model</i> untuk <i>profile A-A'</i> . (b) <i>Calculated vs observed anomaly profile</i> .	II-31
12. Gambar 2.12. Prinsip pengebakan minyak dalam perangkat struktur.	II-33



13. Gambar 3.1. Digram alir ( <i>flow chart</i> ) pengerjaan Tugas Akhir.	III-2
14. Gambar 3.2. <i>Input</i> jarak dan harga anomali ke dalam program <i>notepad</i> .	III-10
15. Gambar 3.3. Layar ketika memulai pemodelan.	III-11
16. Gambar 3.4. Layar parameter data untuk memulai pemodelan.	III-11
17. Gambar 3.5. Layar petunjuk letak <i>file notepad</i> (dta) yang akan dipanggil.	III-12
18. Gambar 3.6. Grafik salah satu potongan daerah observasi untuk Laut Maluku.	III-13
19. Gambar 3.7. Grafik salah satu potongan daerah observasi untuk Laut Seram.	III-13
20. Gambar 3.8. Pembuatan <i>body</i> dan pengisian <i>body parameters</i> .	III-15
21. Gambar 3.9. Manipulasi bentuk poligon ( <i>body</i> ) dilakukan dengan perintah <i>invert</i> pada <i>icon whole body inversion parameters</i> .	III-15
22. Gambar 3.10. Manipulasi bentuk poligon ( <i>body</i> ) dilakukan dengan perintah <i>invert</i> .	III-16
23. Gambar 3.11. Manipulasi bentuk poligon dilakukan dengan cara manual (menggunakan <i>mouse</i> ).	III-17
24. Gambar 3.12. Manipulasi bentuk poligon dengan cara numerik.	III-18
25. Gambar 3.13. Manipulasi bentuk poligon dengan memindahkan <i>body</i> .	III-18
26. Gambar 3.14. Manipulasi bentuk poligon dengan merotasi <i>body</i> .	III-19
27. Gambar 3.15. Kurva yang berhimpit dengan kurva observasi dengan <i>error</i> minimum untuk salah satu potongan daerah observasi Laut Maluku.	III-19





28. Gambar 3.16. Kurva yang berhimpit dengan kurva observasi dengan  
*error* minimum untuk salah satu potongan daerah  
observasi Laut Seram. III-20
29. Gambar 3.17. Kurva pendekatan tanpa dilakukan *modify* yang tidak  
akan berhimpit bahkan bertemu dengan kurva observasi. III-21
30. Gambar 3.18. *Modify the regional field*. III-22
31. Gambar 3.19. Proses *modify*. III-22
32. Gambar 3.20. Diagram alir (*flow chart*) interpretasi dua dimensi *software*  
GRAV2DC. III-24
33. Gambar 3.21. Layar pemodelan *software* Winsurf. III-26
34. Gambar 3.22. Memanggil *file* melalui menu *Grid* dalam ekstension dat. III-26
32. Gambar 3.23. Memanggil *file* melaui menu *Map* dalam ekstension grd. III-27
36. Gambar 3.24. Diagram alir (*flow chart*) proses interpretasi tiga dimensi  
dari *software* AutoCAD 2000 dan Winsurf. III-28
37. Gambar 4.1. Peta Anomali Bouguer Laut Maluku dan Laut Seram. IV-3
38. Gambar 4.2. Peta Anomali Bouguer Laut Maluku dan Laut Seram. IV-4
39. Gambar 4.3. Peta sumber energi dan mineral Laut Maluku dan Laut  
Seram. IV-6
40. Gambar 4.4. Spesifikasi lokasi observasi 1 (Laut Maluku I). IV-11
41. Gambar 4.5. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 1, arah 0°. IV-12
42. Gambar 4.6. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 2, arah 22,5°. IV-12
43. Gambar 4.7. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 3, arah 45°. IV-13
44. Gambar 4.8. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 4, arah 67,5°. IV-13
45. Gambar 4.9. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 5, arah 90°. IV-14



46. Gambar 4.10. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi potongan 6, arah 100°. IV-14
47. Gambar 4.11. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 7,  
arah° 112,5°. IV-15
48. Gambar 4.12. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 8, arah 135°. IV-15
49. Gambar 4.13. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 9,  
arah° 157,5°. IV-16
50. Gambar 4.14. Spesifikasi lokasi observasi 2 (Laut Maluku II). IV-17
51. Gambar 4.15. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 1, arah 0°. IV-18
52. Gambar 4.16. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 2, arah 22,5°. IV-18
53. Gambar 4.17. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 3, arah 45°. IV-19
54. Gambar 4.18. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 4, arah 67,5°. IV-19
55. Gambar 4.19. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 5, arah 90°. IV-20
56. Gambar 4.20. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 6,  
arah 112,5°. IV-20
57. Gambar 4.21. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 7, arah 135°. IV-21
58. Gambar 4.22. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 8,  
arah 157,5°. IV-21
59. Gambar 4.23. Spesifikasi lokasi observasi 3 (Laut Seram). IV-22
60. Gambar 4.24. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 1, arah 0°. IV-23
61. Gambar 4.25. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 2, arah 35°. IV-23
62. Gambar 4.26. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 3, arah 45°. IV-24
63. Gambar 4.27. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 4, arah 90°. IV-24
64. Gambar 4.28. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 5, arah 135°. IV-25





65. Gambar 4.29. Bentuk perkiraan *body* dua dimensi, potongan 6,  
arah 157,5°. IV-25
66. Gambar 4.30. Penggabungan *body* dari *output* GRAV2DC dengan  
AutoCAD 2000 dengan satu titik perpotongan sesuai  
dengan sudutnya untuk Laut Maluku I. IV-26
67. Gambar 4.31. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur  
rangka untuk Laut Maluku I. IV-27
68. Gambar 4.32. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur  
*solid* untuk Laut Maluku I. IV-27
69. Gambar 4.33. Penggabungan *body* dari *output* GRAV2DC dengan  
AutoCAD 2000 dengan satu titik perpotongan sesuai  
dengan sudutnya untuk Laut Maluku II. IV-28
70. Gambar 4.34. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur  
rangka untuk Laut Maluku II. IV-28
71. Gambar 4.35. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur  
*solid* untuk Laut Maluku II. IV-29
72. Gambar 4.36. Penggabungan *body* dari *output* GRAV2DC dengan  
AutoCAD 2000 dengan satu titik perpotongan sesuai  
dengan sudutnya untuk Laut Seram. IV-29
73. Gambar 4.37. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur  
rangka untuk Laut Seram. IV-30
74. Gambar 4.38. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur  
*solid* untuk Laut Seram. IV-30
75. Gambar 4.39. Pemodelan tiga dimensi dengan *software* Winsurf untuk



Laut Maluku I.	IV-31
76. Gambar 4.40. Pemodelan tiga dimensi dengan <i>software</i> Winsurf untuk	
Laut Maluku II.	IV-32
77. Gambar 4.41. Pemodelan tiga dimensi dengan <i>software</i> Winsurf untuk	
Laut Seram.	IV-32





## DAFTAR TABEL

بسم الله الرحمن الرحيم

*Dan Dia telah menundukkan malam dan siang, matahari dan bulan untukmu. dan binatang-binatang itu ditundukkan (untukmu) dengan perintah-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda kekuasaan Allah bagi kaum yang mempergunakan akalnyanya.*

*(Q.S. An-Nafl:12).*

## DAFTAR TABEL

	halaman
1. Tabel 2.1. Densitas batuan dan material geologi.	II-18
2. Tabel 4.1. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Maluku I, potongan 2, arah 22,5°.	IV-37
3. Tabel 4.2. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Maluku II, potongan 2, arah 22,5°.	IV-38
4. Tabel 4.3. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Seram, potongan 4, arah 90°.	IV-40







## DAFTAR GRAFIK

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*(Al-Quran ini adalah penjelasan yang sempurna bagi manusia agar mereka diberi peringatan dengannya, agar mereka mengetahui bahwa Dia adalah Tuhan Yang Maha Esa, dan agar orang-orang berakal mengambil pelajaran (Q.S. Ibrahim 14:52)).*

## DAFTAR GRAFIK

	halaman
1. Grafik 4.1. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Maluku I, potongan 2, arah 22,5°.	IV-37
2. Grafik 4.2. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Maluku II, potongan 2, arah 22,5°.	IV-39
3. Grafik 4.3. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Seram, potongan 4, arah 90°.	IV-41
4. Grafik 4.4. Perbandingan dengan interpretasi GRAV2DC untuk Laut Maluku I, potongan 2, arah 22,5°.	IV-45
5. Grafik 4.5. Perbandingan dengan interpretasi GRAV2DC untuk Laut Maluku II, potongan 2, arah 22,5°.	IV-46
6. Grafik 4.6. Perbandingan dengan interpretasi GRAV2DC untuk Laut Seram, potongan 4, arah 90°.	IV-46





## BAB I PENDAHULUAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Bacalah! Dengan nama Tuhanmu yang menciptakan, Menciptakan manusia dari segumpal  
darah. Bacalah! Tuhanmulah yang mulia, Yang mengajarkan manusia dengan kalam,  
Mengajar manusia apa yang tiada ia ketahui. (Q.S. Al Alaq).*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sejak kenaikan harga minyak pada akhir 1973, sumber daya alam khususnya minyak bumi dan gas alam telah terbukti sebagai devisa yang sangat vital bagi perekonomian Indonesia pada umumnya, dan lebih khusus lagi dalam kaitannya dengan sumber pembiayaan pembangunan. Tetapi resesi dunia sejak 1982 mulai benar-benar terasa pengaruhnya dalam kegiatan usaha pertambangan di Indonesia, produk berbagai komoditi tambang terpaksa diturunkan karena menghadapi pasaran yang sangat lesu. Hal ini berakibat turunnya pendapatan negara yang mengganggu perekonomian dan jalannya pembangunan. Meskipun demikian, peranan sumber daya alam khususnya minyak bumi dan gas alam tetap memberikan sumbangan penerimaan negara yang dominan. Maka pengusahaan perkembangan sumber daya alam tersebut diatas perlu ditingkatkan secara efektif dan efisien serta diperluas pemanfaatan produknya untuk meningkatkan nilai tambah komoditi ekspor. Untuk kelangsungan serta keselarasan peningkatan produksi, pemerintah telah berusaha mendorong kegiatan eksplorasi untuk mendapatkan serta mencari deposit baru guna meningkatkan jumlah cadangan.

Minyak bumi dan gas alam merupakan sumber daya alam tak terbarui (*non renewable*). Eksploitasi yang dilakukan secara terus menerus terhadap sumber daya alam tak terbarui di darat, menyebabkan cadangan kian





menipis. Untuk mengatasi masalah ini, maka manusia mencari cadangan yang sama dari bawah dasar laut (Wahyudi, 1997). Maka pencarian sumber-sumber cadangan minyak baru terus gencar dilakukan, tidak hanya di darat tetapi juga di laut. Teknologi eksplorasi dan eksploitasi minyak di laut juga terus dikembangkan untuk mempermudah pencarian, pengeboran, produksi, dan transportasinya.

Dewasa ini eksplorasi dan eksploitasi lepas pantai di Indonesia telah berkembang ke perairan lepas pantai yang semakin dalam, yaitu di perairan lepas pantai wilayah timur Indonesia. Ini tentunya di perlukan kesiapan dari wilayah tersebut untuk di eksploitasi. Pengetahuan tentang geologi (termasuk geofisik, geoteknik, dan lain-lain) dari *sea bed* dan lapisan-lapisan di bawahnya adalah sangat penting sebagai dasar untuk pengembangan tersebut. Pengetahuan tentang metode yang dipakai untuk mendapatkan pengetahuan tersebut adalah juga sangat penting. Metode yang penting perannya adalah metode-metode geofisika (*geophysics method*). Metode geofisika ini meliputi metode gravitasi (gayaberat), metode magnetik, dan metode seismik (Dobrin, 1960).

Eksplorasi sumber daya alam di bawah dasar laut dengan metode geofisika dimaksudkan untuk menyelidiki atau mendapatkan deposit hidrokarbon yang tersembunyi (minyak, gas, dan sumber mineral-mineral lain). Metode gayaberat adalah salah satu dari metode geofisika, di mana prinsip utama dari metode ini adalah mengukur variasi perbedaan gravitasi secara lateral



dari suatu daerah observasi di permukaan bumi dan mengoreksinya dengan pengukuran atau dengan harga gravitasi teoritis yang selanjutnya akan dibuat peta anomali gravitasi yang dapat dihubungkan dengan keadaan struktur geologi di bawah permukaan. Harga dari pengukuran gravitasi di daerah observasi sangat tergantung dari variasi lateral densitas material di permukaan bumi, topografi, elevasi, posisi lintang, dan pasang surut pada daerah observasi.

Anomali gayaberat adalah perbedaan antara gayaberat diamati yang telah disusutkan ke atas *geoid* (bidang ekipotensial gayaberat bumi) dengan gayaberat normal yang dihitung menurut rumus gayaberat yang didasarkan referensi geodesi tertentu. Nilai gayaberat diamati tergantung pada bentuk geometri permukaan bumi, struktur geologi, serta penyebaran rapat massa batuan penyusun kulit bumi. Sedangkan nilai gayaberat normal tergantung pada bentuk dan ukuran bidang referensi geodesi (*ellipsoid reference*) yang digunakan dalam pemetaan gayaberat tersebut. Dalam menginterpretasikan data gayaberat secara kualitatif terdapat adanya keunikan solusi dari medan potensial gayaberat, sehingga timbul ambiguitas akibat terdapat tak hingga banyak solusi model benda anomali dengan berbagai macam rapat massa, geometri, serta kedalaman yang bervariasi.

Studi ini dimaksudkan untuk menginterpretasikan model dari cekungan hidrokarbon di bawah permukaan laut dengan menggunakan data-data anomali dari metode gayaberat pada daerah observasi untuk keperluan





eksplorasi sumber daya alam di bawah dasar laut. Dari studi ini diharapkan mahasiswa dari Teknik Kelautan mampu menyediakan, mengembangkan, dan menyebarkan data dan informasi dasar yang dibutuhkan untuk perumusan evaluasi daerah dari aspek mineral dan energi, khususnya untuk keteknikan wilayah lepas pantai Laut Maluku dan Laut Seram. Diharapkan juga mampu mengembangkan suatu kerjasama regional dan internasional dalam bidang disiplin ilmu kebumiharian dasar laut.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana konsep metode gayaberat bisa dikembangkan sebagai metode untuk eksplorasi sumber daya alam (hidrokarbon) di bawah dasar laut yang cepat, murah, dan ekonomis.
2. Bagaimana metode gayaberat dapat diaplikasikan untuk menemukan hidrokarbon di bawah dasar laut yang potensial.
3. Bagaimana menginterpretasikan model anomali gayaberat di bawah dasar laut sehingga didapatkan model dua dimensi dan tiga dimensi untuk anomali gayaberat di Laut Maluku dan Laut Seram.



### 1.3. Tujuan

Adapun tujuan utama yang hendak dicapai dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui bagaimana konsep metode gayaberat bisa dikembangkan sebagai metode untuk eksplorasi hidrokarbon di bawah dasar laut yang cepat, murah, dan ekonomis.
2. Mengetahui titik-titik hidrokarbon yang potensial, khususnya di bawah dasar Laut Maluku dan Laut Seram.
3. Mengetahui bagaimana perkembangan model dua dimensi dan tiga dimensi anomali gayaberat di bawah dasar laut dengan menginterpretasikannya.

### 1.4. Manfaat

1. Memahami bagaimana konsep metode gayaberat dapat diterapkan dan dikembangkan untuk keperluan eksplorasi hidrokarbon di laut.
2. Mendapatkan data dan informasi yang jelas dan akurat tentang peta hidrokarbon yang potensial di Laut Maluku dan Laut Seram sebagai acuan awal untuk keperluan kelayakan eksploitasi.
3. Hasil dari studi ini dapat dijadikan sebagai acuan awal perkembangan eksplorasi dan eksploitasi untuk perairan lepas pantai wilayah timur Indonesia, khususnya untuk Laut Maluku dan Laut Seram.





### 1.5. Batasan Masalah

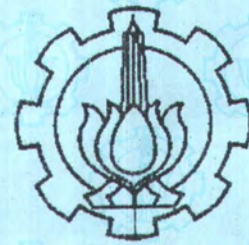
Untuk mempersempit permasalahan dan mempermudah perhitungan maka pengerjaan Tugas Akhir akan dibatasi sebagai berikut:

1. Perkembangan metode gayaberat hanya pada medan utama dan koreksi Bouguer.
2. Data lapangan yang dipakai adalah data sekunder dari peta anomali gayaberat Bouguer di Indonesia, peta sedimen permukaan dasar laut wilayah laut Indonesia, peta sumber daya mineral dan energi lepas pantai Indonesia dan data struktur geologi di Laut Maluku dan Laut Seram.
3. Besarnya anomali gayaberat yang ditinjau berada antara 0 mGal sampai 100 mGal untuk Laut Maluku dan 100 mGal sampai 300 mGal untuk Laut Seram.
4. Densitas material yang ditinjau besarnya  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  untuk Laut Seram dan  $-1,0 \text{ gr/cm}^3$  untuk Laut Maluku serta pada kedalaman 3,0 km dari permukaan dasar laut.
5. Potongan melintang pada peta kontur anomali gayaberat Bouguer ditarik hanya pada daerah yang terdapat kontur anomalnya.
6. Jumlah potongan melintang kontur anomali gayaberat sebanyak 9 potongan untuk Laut Maluku I, 8 potongan untuk Laut Maluku II, dan 6 potongan untuk Laut Seram.
7. Untuk menginterpretasikan model anomali gayaberat dalam bentuk dua dimensi digunakan *software* GRAV2DC.
8. Untuk pemodelan dalam bentuk tiga dimensi digunakan *software* AutoCAD 2000 dan *software* Winsurf.



9. Dilakukan interpretasi dengan perhitungan manual pengaruh gayabarat bola dan silinder horisontal Metode Talwani.





## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Katakanlah: Kalau sekiranya lautan menjadi tinta untuk (menulis) kalimat-kalimat Tuhanku, sungguh habislah lautan itu sebelum habis (ditulis) kalimat-kalimat Tuhanku, meskipun Kami datangkan tambahan sebanyak itu (pula). (Q.S. Al-Kahfi: 109).*



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Metode gayaberat pada awalnya digunakan pada eksplorasi minyak bumi, yaitu dipakai untuk mencari lokasi *salt domes* dimana biasanya minyak bumi terperangkap (Wahyudi, 1997). Hampir semua survei gravitasi dilakukan untuk pencarian lokasi minyak bumi, dimana survei ini di desain untuk observasi pendahuluan pada daerah yang sama sekali belum pernah di survei yang hanya sedikit atau tidak ada informasi geologinya. Hasil observasi lapangan dengan metode gravitasi ini diharapkan dapat menjawab pertanyaan pertama, yaitu apakah cekungan sedimen cukup besar dan cukup tebal, sehingga survei selanjutnya dapat atau tidak perlu dilakukan. Survei gravitasi ini dapat memberikan informasi yang cepat dan ekonomis.

Dalam bidang eksplorasi sumber daya alam di laut informasi gayaberat sangat dibutuhkan baik secara spasial maupun variasi temporalnya. Informasi spasial digunakan untuk memprediksi struktur dan densitas di dalam bumi. Sedangkan informasi temporalnya digunakan untuk memprediksi perubahan densitas massa di dalam bumi dan perubahan geometrik permukaan bumi. Pada aplikasinya informasi spasial data gayaberat disajikan dalam bentuk data anomali gayaberat, yaitu selisih antara nilai gayaberat itu sendiri dengan nilai gayaberat teoritiknya.





Pada prinsipnya metode gayaberat didasarkan atas adanya rapat massa setempat dari tubuh massa yang berbeda sehingga menyebabkan variasi atau perubahan medan gravitasi secara lateral pada permukaan bumi atau dasar laut yang disebut dengan anomali gayaberat. Nilai gayaberat ukuran di satu tempat di permukaan bumi mengandung pengaruh gaya tarik seluruh massa bumi (*gravitational force*) dan pengaruh rotasi bumi (gaya sentrifugal) (Priyatno, 2001). Perbedaan nilai gaya berat terukur antara titik referensi yang berubah-ubah dan serial dari stasiun pengamatan disebabkan pengaruh luar yang bervariasi yang tidak berhubungan dengan geologi di bawah permukaan (Sharma, 1997).

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1. Prinsip-Prinsip Dasar**

Di dalam penyelidikan geofisika, gayaberat merupakan salah satu metode penyelidikan yang berlandaskan hukum fisika yang terkenal, yaitu hukum Newton. Metode penyelidikan ini mendasarkan pengukuran kepada adanya perbedaan kecil dari medan gayaberat. Perbedaan ini disebabkan karena adanya distribusi yang tidak merata di kerak bumi dan menyebabkan tidak meratanya distribusi massa jenis batuan. Adanya perbedaan massa jenis batuan dari satu tempat dengan tempat lain menimbulkan medan gayaberat yang tidak merata pula dan inilah yang terukur di permukaan bumi. Jadi dengan penyelidikan gayaberat di permukaan bumi diharapkan untuk menafsirkan bentuk bawah permukaan (*geology sub surface*) yang mana di dalam dunia eksplorasi perminyakan



sangat penting. Dengan mengetahui struktur geologi dibawah permukaan kita dapat menafsirkan kira-kira dimana akan terkumpulnya hidrokarbon. Di Indonesia bahkan di dunia hampir 80% lebih hidrokarbon terperangkap dalam perangkap struktur, selebihnya dalam perangkap bentuk lain, misalnya perangkap stratigrafi, lensa, dan sebagainya.

#### 2.2.1.1. Gravitasi atau Gayaberat

Dalam metode gayaberat teori dasar yang digunakan adalah hukum Newton, dimana gaya tarik  $F$  dari dua massa  $m_1$  dan  $m_2$  yang dipisahkan oleh jarak  $r$  dinyatakan dalam rumus:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2.1.)$$

Dimana,  $\gamma$  adalah konstanta gravitasi universal, tergantung sistem yang digunakan. Untuk sistem *cgs system (centi meter-gram-second)* nilai  $\gamma$  adalah  $6,670 \times 10^{-8}$ . Gaya per satuan massa dari  $m_1$  terhadap suatu partikel yang mempunyai jarak  $r$  dari  $m_1$  disebut medan gayaberat dari partikel  $m_1$  yang besarnya:

$$F_{(r)} = -\gamma \frac{m_1}{r^3} r \quad (2.2.)$$

#### 2.2.1.2. Percepatan Gayaberat

Salah satu massa dapat bertindak sebagai massa penarik (*attracting mass*), misalnya  $m_1$ , sedang yang lainnya sebagai massa yang ditarik (*attracted mass*). Dalam hal ini massa bumi dapat dianggap sebagai  $m_1$ .





Percepatan massa  $m_2$  karena gaya tarik massa  $m_1$  pada jarak  $r$  dapat diperoleh dengan membagi gaya  $F$  dengan massa  $m_2$ , yaitu:

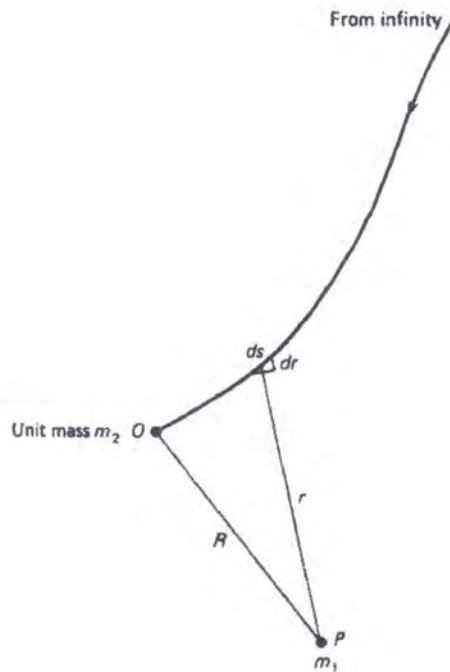
$$a = \frac{F}{m_2} = \gamma \frac{m_1}{r^2} \quad (2.3.)$$

Percepatan gayaberat tersebut menyatakan besar medan gayaberat bumi yang bekerja pada satu titik di permukaan. Dari persamaan matematis di atas, besarnya medan ini tergantung pada posisinya (jarak) terhadap suatu pusat acuan tertentu, sehingga sering di formulasikan dalam konsep potensial.

#### 2.2.1.3. Potensial Gayaberat

Potensial di suatu titik di definisikan sebagai energi yang diperlukan untuk memindahkan satu satuan massa dari suatu titik asal ke titik tertentu yang dituju. Dalam medan gayaberat, kerja (energi) yang dilakukan tidak bergantung pada lintasannya melainkan pada posisi awal dan posisi akhir, sehingga medan gayaberat bersifat konservatif.

Intensitas medan gravitasi yang hanya tergantung pada posisi sehingga analisa dari medan tersebut sering dapat disederhanakan dengan konsep potensial.



Gambar 2.1. Potensial gravitasi yang merupakan kerja dari gaya tarik  $m_1$  terhadap  $m_2$ , sehingga bergerak dari jarak tak terhingga ke  $O$  (Wahyudi, 1997).

Gambar diatas menunjukkan bahwa potensial gayaberat adalah kerja yang dilakukan oleh gaya tarik  $m_1$  terhadap  $m_2$ , sehingga bergerak dari tak terhingga sampai ke titik  $O$ . Gaya per satuan massa atau percepatan pada jarak  $r$  dari  $P$  adalah  $\gamma m_1/r^2$ . Sedangkan kerja yang dibutuhkan untuk menggerakkan satuan massa pada jarak  $ds$  dengan komponen  $dr$  ke arah  $P$  adalah  $\gamma m_1 dr/r^2$ . Kerja  $V$  yang dilakukan dalam gerakan massa dari tak terhingga sampai ke titik  $O$  dalam medan gravitasi  $m_1$  adalah:

$$V = \gamma m_1 \int_{\infty}^R \frac{dr}{r^2} = \gamma m_1 \left[ -\frac{1}{r} \right]_{\infty}^R = \frac{\gamma m_1}{R} \quad (2.4.)$$





#### 2.2.1.4. Variasi Gayaberat dengan Lintang

Bentuk bumi tidaklah bulat sempurna, akan tetapi menyerupai ellips, dengan jari-jari lebih besar di katulistiwa dari pada di kutub. Hal ini dikarenakan adanya keseimbangan antara gaya-gaya yang terjadi di bumi (yang berusaha membuatnya bulat) dengan gaya yang sentrifugal (yang berusaha membuatnya pipih), akibatnya menghasilkan jari-jari bumi di katulistiwa 21 km lebih besar dari pada jari-jari bumi di kutub.

Rumus percepatan gayaberat karena pengaruh lintang secara umum (Sharma, 1997) dijabarkan sebagai berikut:

$$g = g_0(1 + C_1 \sin^2 \phi - C_2 \sin^2 2\phi) \quad (2.5.)$$

dimana:

$g_0$  = percepatan gayaberat di katulistiwa.

$\phi$  = lintang.

$C_1$  &  $C_2$  = konstanta yang tergantung pada bentuk bumi.

Bentuk bumi digambarkan sebagai *sferoid* dengan jari-jari di katulistiwa misalkan  $a$  dan di kutub misalkan  $b$ , maka pemipihannya adalah:

$$f = \frac{a-b}{a} \quad (2.6.)$$

#### 2.2.2. Anomali Gayaberat

Anomali gayaberat adalah perbedaan antara gayaberat pengamatan (*observed gravity*) yang telah disusutkan ke bidang *geoid* (bentuk ideal bumi) dengan gayaberat teoritis. Untuk melakukan penyusutan gayaberat



pengamatan ke bidang *geoid* diperlukan beberapa koreksi (reduksi), seperti: koreksi udara bebas, koreksi Bouguer, koreksi pasang surut, koreksi topografi (medan), koreksi lintang, dan koreksi apungan. Sedangkan gayaberat teoritis adalah gayaberat pada permukaan bumi yang dianggap berbentuk ellipsoid, dengan penyebaran rapat massa yang homogen, sehingga nilai gayaberat tersebut akan mempunyai nilai teratur serta bergantung kepada nilai lintang geodetis. Dengan demikian nilai gayaberat teoritis ini (dinamakan pula gayaberat normal) dapat dirumuskan secara matematis dalam formula tertentu. Berhubung nilai lintang suatu titik (termasuk juga nilai bujur) tergantung kepada jenis ellipsoid referensi yang digunakan, maka nilai gayaberat teoritis ini akan tergantung pula kepada ellipsoid referensi yang digunakan.

Secara umum untuk menghitung gayaberat normal dirumuskan sebagai berikut:

$$\gamma = \gamma_0(1 + \beta_1 \sin 2\varphi + \beta_2 \sin^2 2\varphi) \quad (2.7.)$$

(Chuji Tsuboi, 1983, lihat Subagio, 2001).

Di mana:

$\gamma$  = gayaberat normal di titik ukur gayaberat.

$\gamma_0$  = gayaberat normal di equator.

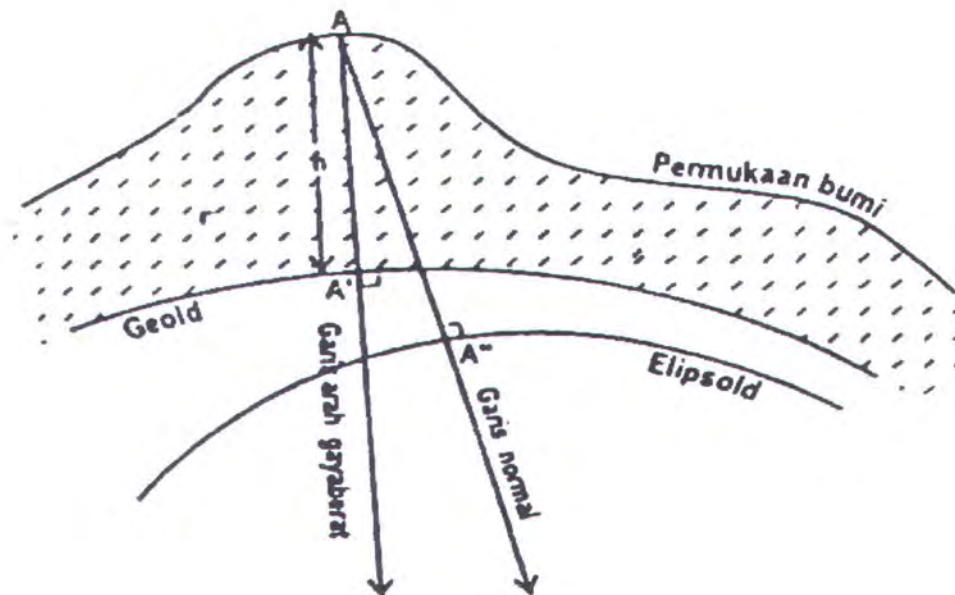
$\beta_1$  = konstanta untuk menghitung  $\gamma$ .

$\beta_2$  = konstanta untuk menghitung  $\gamma$ .

$\varphi$  = lintang titik ukur gayaberat.



$\beta_1$  dan  $\beta_2$  tergantung pada jenis ellipsoid referensi yang digunakan sebagai acuan pemetaan topografi.



Gambar 2.2. Penyusutan data gayabarat dan anomali gayabarat  
(Subagio, 2001).

Pada pengukuran gayabarat di suatu titik ukur akan dihitung harga gayabarat standar, harga gayabarat pengukuran dan harga gayabarat reduksi. Ketiga harga gayabarat ini biasanya tidak menunjukkan hasil yang sama, ini disebabkan adanya pengaruh massa anomali yang terdapat dibawah titik ukur terhadap harga gayabarat pengukuran.

Perbedaan antara harga gayabarat standar dan harga gayabarat pengukuran ini disebut sebagai anomali gayabarat. Terdapat tiga jenis anomali gayabarat, yaitu:



$$\Delta g = g_{\text{terukur}} - \gamma = \text{anomali gayaberat.}$$

$$\Delta g_0 = g_0 - g = \text{anomali udara bebas.}$$

$$\Delta g_0'' = g_0'' - g = \text{anomali Bouguer.}$$

Distribusi anomali dapat digambarkan pada suatu peta kontur dari harga-harga anomali. Peta anomali udara bebas memberikan informasi tentang medan gayaberat aktual sepanjang permukaan bumi, sedangkan peta anomali Bouguer menggambarkan informasi massa yang tersembunyi di bawah permukaan bumi.

Anomali gayaberat umumnya dikenal dengan sebutan anomali Bouguer, yang dihitung dengan mengacu pada tiga aspek (Hutagaol dan S. Lubis, 2001), yaitu:

1. Penyerataan dengan muka laut (*sea level*) untuk penyeragaman ketinggian.
2. Perubahan gayaberat akibat pengaruh lintang.
3. Perubahan akibat atraksi massa batuan antara muka laut (*sea level*) dengan titik observasi.

### 2.2.3. Harga Satuan Gayaberat Bumi

Untuk harga gravitasi teoritik digunakan *International Gravity Formula* 1967, yaitu:

$$g_0 = 97803,8 (1 + 0,00532024 \sin^2 \theta - 0,0000058 \sin^2 2\theta) \text{ mGal.} \quad (2.8.)$$





$g_0$  adalah harga gravitasi teoritik dalam mGal pada lintang  $\theta$ . Sedangkan mGal adalah miliGal (diambil dari nama Galileo).

Di mana:

$$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/sec}^2$$

$$1 \text{ mGal} = 0,001 \text{ Gal} = 0,001 \text{ cm/sec}^2 \text{ (untuk eksplorasi)}$$

$$\text{Gravity unit} = 10^{-4} \text{ Gal atau } 0,1 \text{ mGal}$$

$$1 \text{ Gal} = 10^{-6} \text{ Gal}$$

#### 2.2.4. Ellipsoid Referensi

Ellipsoid referensi merupakan model matematis dari bumi, dimana semua data ukuran di permukaan bumi disusutkan (*reduced*) ke model tersebut. Untuk mendapatkan susut yang kecil, maka ellipsoid harus diorientasikan sedemikian rupa sehingga kedudukannya berhimpit atau mendekati bumi. Ada dua macam orientasi yang dapat dilakukan, yaitu:

1. Orientasi relatif, yaitu mendudukan ellipsoid sedemikian rupa sehingga berhimpit dengan bumi di titik tertentu (disebut titik datum), kemudian sumbu pendek ellipsoid harus sejajar dengan sumbu putar bumi, serta massa ellipsoid sama dengan massa bumi. Contoh dari ellipsoid ini adalah SNI (Sferoid Nasional Indonesia), yaitu elipsoid yang menggunakan *Geodetic Reference System 1967* (GRS 1967) sebagai bidang datumnya, serta menghimpitkannya dengan geoid di Titik Stasiun Doppler BP-A di Padang.
2. Orientasi absolut, yaitu mendudukan ellipsoid dalam ruang sedemikian rupa sehingga pusat ellipsoid berhimpit dengan pusat



massa bumi, sumbu ellipsoid berhimpit dengan sumbu putar bumi, serta massa ellipsoid sama dengan massa bumi.

### 2.2.5. Pengukuran Gayaberat di Laut

Ada sejumlah perbedaan penting antara survei gayaberat di muka laut dengan survei gayaberat di dasar laut. Pada survei di dasar, kapal berhenti dan melakukan survei pada titik pengamatan seperti yang dilakukan pada survei di daratan. Sedangkan untuk survei di kapal, pembacaan dilakukan secara terus-menerus sementara kapal *underway*. Survei dan teknik penempatan untuk pengukuran gayaberat di lepas pantai baik dengan pengukuran dari dasar atau dari kapal adalah sama seperti pada survei di daratan. Pada pengukuran gayaberat di laut, pengukuran juga di standarkan dengan muka laut rata-rata (*mean sea level*).

### 2.2.6. Koreksi Data Gayaberat

#### a. Koreksi Udara Bebas

Koreksi udara bebas dimaksudkan untuk menghilangkan efek pengurangan gayaberat terhadap ketinggian dari suatu bidang datar, tanpa memperlihatkan efek massa batuan.

Jika jari-jari bumi  $R$ , ketinggian dari permukaan laut (*mean sea level*)  $h$  serta harga gayaberat pada permukaan laut  $g_0$ , maka di dapat hubungan:

$$g = g_0 (R^2 / (R+h)^2)$$







$$\begin{aligned} &= g_0 (1/(1+h/R)^2) \\ &= g_0 (1/(1+2h/R+(h/R)^2)) \\ &= g_0 (1-2h/R) \end{aligned}$$

maka akan di dapat:

$$g - g_0 = \Delta g = -2hg_0/R \quad (2.9.)$$

Jika jari-jari bumi R adalah 4000 mil dinyatakan dalam feet dan  $g_0$  sebesar  $900 \text{ cm/s}^2$  didapatkan  $\Delta g/h$  sebesar  $0,09406 \text{ mGal/ft}$ . Efek ini independen apakah ada atau tidaknya material batuan antara *sea level* dalam dan stasiun pada elevasi h.

#### **b. Koreksi Bouguer**

Koreksi Bouguer dilakukan untuk menghilangkan tarikan yang diakibatkan oleh massa batuan yang berada di bawah titik pengukuran setebal beda tinggi terhadap suatu bidang acuan, dengan asumsi lapisan batuan yang mempengaruhi melebar sampai pada tempat yang tak terhingga.

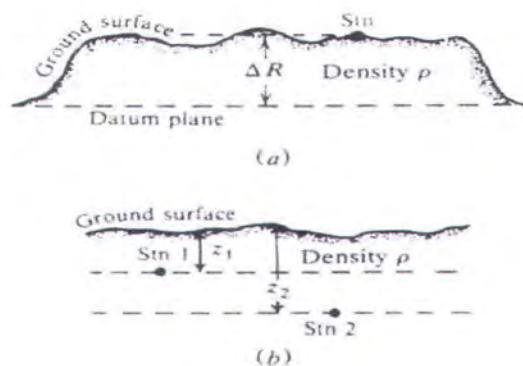
Bidang acuan yang diambil umumnya adalah permukaan lautan rata-rata (*mean sea level*). Harga koreksi Bouguer pada suatu lokasi harus dikurangi dengan harga gayabarat sebenarnya. Sebaliknya untuk pengamatan di bawah bidang acuan, harga koreksi Bouguer ditambah dengan harga gayabarat yang sebenarnya.

Pendekatan yang diambil adalah menganggap seluruh massanya berada di antara datum dan titik pengamatan adalah massa yang berbentuk silinder datar dengan radius tak berhingga dan ketebalan sama dengan jarak vertikal dari titik amat datum.

Koreksi Bouguer memperhitungkan gaya tarik material antara stasiun dan bidang datum. Jika stasiun diletakkan terpusat pada daerah luasan horisontal yang besar dengan ketebalan dan densitas yang seragam, maka bacaan gayaberat akan meningkat karena daya tarik dari lempengan antara stasiun dan datum (Telford dkk, 1990). Dirumuskan dengan:

$$\Delta g_B / \Delta R = 2\pi\gamma\rho = 0,04192 \rho \text{ mGal/m.} \quad (2.10.)$$

dimana,  $\rho$  adalah densitas lempengan ( $\text{gr/cm}^3$ ).



Gambar 2.3. Koreksi Bouguer. (a) Stasiun diatas dataran datar.

(b) Stasiun bawah tanah. (Telford dkk, 1990).





**c. Koreksi Pasang Surut**

Alat ukur gayaberat sangat sensitif untuk mencatat perubahan harga gayaberat yang disebabkan oleh pergerakan matahari dan bulan pada suatu titik pengukuran, karena tergantung pada lintang dan waktu. Gaya tarik ini menyebabkan deformasi gayaberat secara periodik. Bila matahari dan bulan searah dengan bumi, maka akan terjadi tarikan minimum. Untuk wilayah Indonesia pengaruh ini mencapai 0,3 mGal dan pengaruh tarikan ini harus dikurangkan pada hasil pembacaan gravimeter.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran dengan ketelitian yang tinggi, maka pengaruh tarikan bulan dan matahari tersebut harus diperhitungkan dengan benar.

**d. Koreksi Topografi/Koreksi Medan**

Topografi di suatu daerah survei berpengaruh pada harga gayaberat yang disebabkan adanya pengaruh-pengaruh pengurangan massa tanah yang berbentuk bukit atau lembah sejenisnya. Pada pengamatan gayaberat, koreksi topografi harus ditambahkan pada harga gayaberat sebenarnya, baik itu lembah atau bukit. Metode koreksi yang dilakukan adalah metode *Hammer Chart*, dimana perhitungan dilakukan dengan membagi daerah pengamatan menjadi zona-zona berupa lingkaran konsentris, dimana tiap zona dibagi atas beberapa



kompartemen. Ketinggian kompartemen diperkirakan dari harga rata-rata kontur yang melintasinya.

**e. Koreksi Lintang**

Bentuk bumi digambarkan sebagai ellips dengan jari-jari lebih besar di katulistiwa dari pada di kutub. Hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan nilai percepatan gayabarat. Untuk mendapatkan hasil yang teliti, maka pengukuran perlu dilakukan koreksi lintang. Jika pengukuran dilakukan pada jarak 1 mil arah utara selatan koreksi masih dianggap linier dan jika melebihi jarak 1 mil koreksi harus digunakan. Koreksi maksimum terjadi pada lintang  $45^\circ$  sebesar 0,01 mGal/ft dan minimum terjadi pada lintang  $0^\circ$  dan  $90^\circ$  sebesar 0 mGal/ft.

**f. Koreksi Apungan**

Koreksi apungan dilakukan karena adanya kemungkinan terjadi perubahan pembacaan pada gravimeter terhadap waktu, kelemahan daya pegas alat, dan guncangan karena gerakan gelombang selama pelaksanaan pengukuran pada titik yang sama dalam sistem pulang pergi (*looping system*). Idealnya pembacaan pada titik awal dan akhir pada titik pangkal atau titik referensi gayabarat adalah sama, tetapi karena perbedaan waktu yang berjalan dan perbedaan cuaca pada lokasi pengukuran menyebabkan hasil pembacaan yang berbeda.





### 2.2.7. Anomali Bouguer Untuk Pengukuran di Laut

Setelah hasil dari pengukuran sudah di koreksi, maka hasil pengukuran dapat di interpretasikan ke dalam bentuk peta anomali gayaberat Bouguer (*Bouguer Anomaly* = BA).

$$BA = G_{obs} - G_0 - BC + TC + Tide C + Drift C \quad (2.11.)$$

Sedangkan untuk pengukuran dipermukaan laut:

$$BA = G_{obs} - G_0 + d [0,0411 (pr-ps)] + t (0,3086 - 0,04191 pr) \text{ mGal.} \quad (2.12)$$

Untuk pengukuran di dasar laut:

$$BA = G_{obs} - G_0 + d [0,04191 (pr-ps) - 0,3086] + t(0,3086 - 0,04191 pr) \text{ mGal.} \quad (2.13.)$$

dimana:  $d$  = kedalaman air laut (meter).

$pr$  = densitas lapisan batuan ( $\pm 2,67$  gram/cc).

$ps$  = densitas air laut ( $\pm 1,03$  gram/cc).

$t$  = ketinggian pasang surut (meter).

Faktor elevasi pada pengukuran gayaberat dilaut berbeda dengan pengukuran gayaberat di darat. Titik observasi pada *under water gravity* yang berada di bawah permukaan muka laut (*sea level*), anomali Bouguer pada *observation point* di dapat dengan cara pertama menentukan gayaberat pada *sea level*, kemudian ditambahkan efek udara bebas (*free air effect*) sebesar 0,09406 mGal/ft. Kemudian dimasukkan ketiadaan batuan diantara *sea level* dan bawah muka air (*water bottom*). Dan yang terakhir adalah dengan memasukkan *upward attraction* dari air yang



dikurangkan pada gayaberat prediksi. Kedalaman merupakan *downward* positif, maka perubahan gayaberat di air pada kedalaman  $d$  adalah:

$$g_d = +0,0946 d - 0,01277 \rho d - 0,01277 \rho_w d \quad (2.14.)$$

Jika densitas batuan  $\rho = 2,67 \text{ g/cm}^3$  dan densitas air laut  $\rho_w = 1,03 \text{ g/cm}^3$

didapatkan:  $g_d = +0,0946 d - 0,034059 d - 0,01315 d$

$$= 0,047 d \text{ atau } 0,047 \text{ mGal/feet}$$

### 2.2.8. Densitas Batuan dan Material Geologi di Bawah Dasar Laut

Densitas berhubungan dengan massa dan volume, dan variasi densitas menyebabkan perbedaan massa dan percepatan gravitasi. Pada setiap keadaan geologis yang menghasilkan variasi densitas horisontal akan menyebabkan variasi gravitasi horisontal atau anomali gravitasi.

Dalam menganalisa data anomali gayaberat, perlu dilakukan estimasi perbedaan densitas suatu struktur lapisan bawah permukaan sebelum membuat postulat mengenai strukturnya. Besaran densitas batuan dikontrol oleh 3 faktor:

1. Butiran mineral pembentuk batuan.
2. Porositas.
3. Cairan yang terdapat dalam pori-pori batuan.





Tabel 2.1. Densitas batuan dan material geologi. (Telford dkk, 1990).

Rock type	Range (g/cm <sup>3</sup> )	Average (g/cm <sup>3</sup> )	Mineral	Range (g/cm <sup>3</sup> )	Average (g/cm <sup>3</sup> )
Sediments (wet)			Metallic minerals		
Overburden		1.92	Oxides, carbonates		
Soil	1.2–2.4	1.92	Bauxite	2.3–2.55	2.45
Clay	1.63–2.6	2.21	Limonite	3.5–4.0	3.78
Gravel	1.7–2.4	2.0	Siderite	3.7–3.9	3.83
Sand	1.7–2.3	2.0	Rutile	4.18–4.3	4.25
Sandstone	1.61–2.76	2.35	Manganite	4.2–4.4	4.32
Shale	1.77–3.2	2.40	Chromite	4.3–4.6	4.36
Limestone	1.93–2.90	2.55	Ilmenite	4.3–5.0	4.67
Dolomite	2.28–2.90	2.70	Pyrolusite	4.7–5.0	4.82
Sedimentary rocks (av.)		2.50	Magnetite	4.9–5.2	5.12
Igneous rocks			Franklinite	5.0–5.22	5.12
Rhyolite	2.35–2.70	2.52	Hematite	4.9–5.3	5.18
Andesite	2.4–2.8	2.61	Cuprite	5.7–6.15	5.92
Granite	2.50–2.81	2.64	Cassiterite	6.8–7.1	6.92
Granodiorite	2.67–2.79	2.73	Wolframite	7.1–7.5	7.32
Porphyry	2.60–2.89	2.74	Sulfides, arsenides		
Quartz diorite	2.62–2.96	2.79	Sphalerite	3.5–4.0	3.75
Diorite	2.72–2.99	2.85	Malachite	3.9–4.03	4.0
Lavas	2.80–3.00	2.90	Chalcopryite	4.1–4.3	4.2
Diabase	2.50–3.20	2.91	Stannite	4.3–4.52	4.4
Basalt	2.70–3.30	2.99	Stibnite	4.5–4.6	4.6
Gabbro	2.70–3.50	3.03	Pyrrhotite	4.5–4.8	4.65
Peridotite	2.78–3.37	3.15	Molybdenite	4.4–4.8	4.7
Acid igneous	2.30–3.11	2.61	Marcasite	4.7–4.9	4.85
Basic igneous	2.09–3.17	2.79	Pyrite	4.9–5.2	5.0
Metamorphic rocks			Bornite	4.9–5.4	5.1
Quartzite	2.5–2.70	2.60	Chalcocite	5.5–5.8	5.65
Schists	2.39–2.9	2.64	Cobaltite	5.8–6.3	6.1
Graywacke	2.6–2.7	2.65	Arsenopyrite	5.9–6.2	6.1
Marble	2.6–2.9	2.75	Bismuththinite	6.5–6.7	6.57
Serpentine	2.4–3.10	2.78	Galena	7.4–7.6	7.5
Slate	2.7–2.9	2.79	Cinnabar	8.0–8.2	8.1
Gneiss	2.59–3.0	2.80	Non-metallic minerals		
Amphibolite	2.90–3.04	2.96	Petroleum	0.6–0.9	—
Eclogite	3.2–3.54	3.37	Ice	0.88–0.92	—
Metamorphic	2.4–3.1	2.74	Sea Water	1.01–1.05	—
			Lignite	1.1–1.25	1.19
			Soft coal	1.2–1.5	1.32
			Anthracite	1.34–1.8	1.50
			Chalk	1.53–2.6	2.01
			Graphite	1.9–2.3	2.15
			Rock salt	2.1–2.6	2.22
			Gypsum	2.2–2.6	2.35
			Kaolinite	2.2–2.63	2.53
			Orthoclase	2.5–2.6	—
			Quartz	2.5–2.7	2.65
			Calcite	2.6–2.7	—
			Anhydrite	2.29–3.0	2.93
			Biotite	2.7–3.2	2.92
			Magnesite	2.9–3.12	3.03
			Fluorite	3.01–3.25	3.14
			Barite	4.3–4.7	4.47



### 2.2.9. Interpretasi Medan Gayabarat

Interpretasi merupakan representasi suatu fenomena atau sistem suatu model melalui pendekatan matematis dengan tujuan untuk menyederhanakan dan memudahkan pemahaman fenomena atau sistem tersebut. Interpretasi bertujuan mengestimasi model atau parameter model dengan respon (data perhitungan) yang mendekati data hasil pengamatan.

Jarang sekali interpretasi geologi bawah permukaan (*sub surface geology*) hanya didasarkan pada data gravitasi. Biasanya interpretasi dilakukan dengan menggunakan data hasil survei yang lain, misalnya data seismik atau data dari pemboran. Interpretasi geologi dari data gravitasi tergantung pada model hipotesa dari bentuk-bentuk massa atau batuan di bawah permukaan yang menimbulkan anomali. Selain itu dibutuhkan pula data densitas dari massa atau benda atau batuan tersebut. Data densitas dapat diperoleh dengan melakukan pemboran di tempat, atau dapat dipakai data dari tempat lain untuk batuan yang diasumsikan sama jenisnya. (Data densitas batuan dan material geologi pada *Tabel 2.1.*).

### 2.2.10. Metode Interpretasi Gayabarat

Setelah hasil-hasil pengamatan *gravity* di lapangan dilakukan perhitungan dan diadakan koreksi-koreksi sehingga menghasilkan peta anomali Bouguer, kemudian dilakukan interpretasi terhadap anomali-anomali yang tumbuh dan sesuai dengan tujuan eksplorasi terutama di





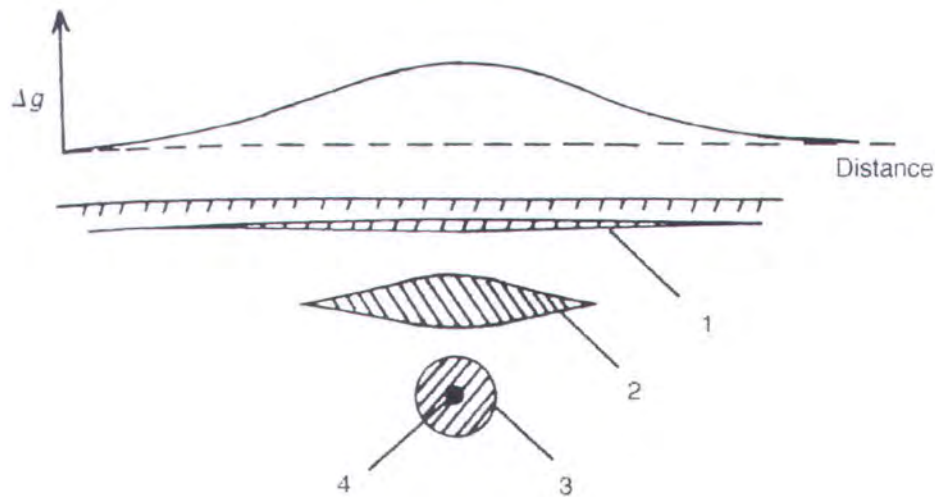
bidang perminyakan. Interpretasi dilakukan untuk daerah-daerah yang prospektif, yaitu pada bentuk-bentuk kontur yang menarik.

Metode yang biasa digunakan dalam interpretasi gayaberat umumnya dibedakan menjadi interpretasi langsung dan interpretasi tidak langsung. Pada interpretasi langsung (*inverse modelling*) parameter benda anomali diperoleh dari anomali gayaberat hasil pengamatan, sedangkan pada metode tidak langsung (*forward modelling*) parameter benda anomali gayaberat pengamatan didapatkan dengan *try and error* mengenai harga-harga parameter hingga diperoleh anomali gayaberat hitungan sesuai dengan anomali gayaberat pengamatan. Prinsip umum kedua pemodelan diatas ialah dengan meminimumkan selisih anomali perhitungan dengan anomali pengamatan, melalui manipulasi matematis tertentu (metode kuadrat terkecil/*least square*) baik linier ataupun non-linier.

#### **2.2.10.1. Interpretasi Langsung (Inverse Modelling)**

Metode interpretasi langsung adalah kesimpulan suatu kedalaman dari benda penyebab anomali langsung dapat ditentukan dari besarnya anomali lokalnya. Tetapi metode interpretasi langsung ini ada bahayanya, yaitu sifat ambiguitas dari gayaberat. Sering timbul ambiguitas diakibatkan karena terdapat tak hingga banyak solusi model benda anomali dengan berbagai parameter rapat massa geometri serta kedalaman yang bervariasi. Untuk memecahkan permasalahan itu ditentukan terlebih dahulu satu parameter seperti rapat massa atau

kontras densitas berdasarkan data geologi atau data lain yang tersedia, kemudian ditentukan distribusi massa atau geometri benda anomali.



*Gambar 2.4. Ambiguitas dari interpretasi gayaberat (Sharma, 1997)*

Dalam metode interpretasi langsung, harus ditetapkan suatu asumsi tertentu untuk melakukan pendugaan langsung beberapa parameter data pengamatan gayaberat. Asumsi model dinyatakan sebagai batasan-batasan yang dimasukkan dalam metode ini, seperti: benda anomali berdensitas konstan, permukaan diatas benda anomali berhubungan langsung dengan permukaan tanah terjadi penambahan densitas terhadap kedalaman dan sebagainya. Dengan adanya batasan-batasan tersebut, maka metode ini dapat dilakukan. Salah satu teknik inversi yang sederhana yaitu dengan menganggap bahwa jika densitas benda ( $\rho$ ) dikalikan dengan suatu konstanta  $C$ , maka anomali gayaberat yang diakibatkan benda tersebut di setiap titik juga bertambah dengan faktor  $C$  yang sama jika bentuk benda tetap (Dobrin, 1981).



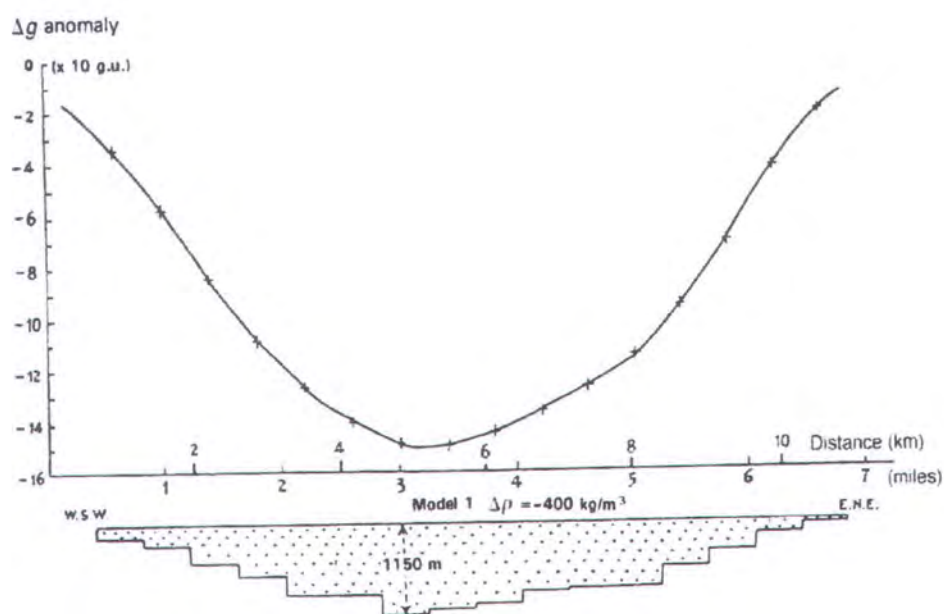


(Bolt, 1960 lihat Hutagaol dan S. Lubis, 2001) mengemukakan suatu cara untuk mencari jawab masalah inversi secara otomatis dari profil gayabarat diatas cekungan sedimen. Untuk menentukan ketebalan sedimen basin, diambil asumsi bahwa anomali di bawah masing-masing titik amat disebabkan oleh lempeng horisontal tak hingga dengan kontras densitas yang sama antara sedimen cekungan dan batuan dasar. Ketebalan sedimen di bawah titik-titik tersebut memberikan suatu model awal. Perbedaan antara anomali pengamatan dengan anomali perhitungan digunakan untuk mencari kesesuaian ketebalan berikutnya. Hal tersebut dilakukan hingga diperoleh suatu tingkat perbedaan yang sesuai.

#### **2.2.10.2. Metode Interpretasi Tak Langsung (Forward Modelling)**

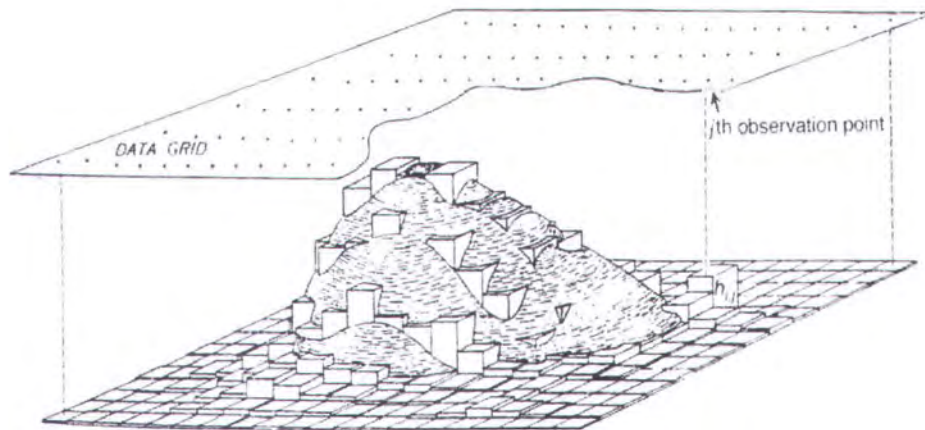
Metode interpretasi tak langsung adalah suatu cara dengan cara menentukan terlebih dahulu bentuk geologi dan sumur eksplorasi pada daerah yang di survei. Berdasarkan bentuk geometris geologi bawah permukaan dan kontras *density* dari batuan di dalamnya maka kita dapat menghitung besar anomali lokalnya. Anomali lokal yang kita hitung tersebut kita bandingkan dengan anomali lokal pengamatan. Bila anomali perhitungan tidak cocok, maka bentuk geometris diubah sedemikian rupa sehingga cocok dengan hasil pengamatan. Maka bentuk geometris yang terakhir merupakan bentuk yang mendekati keadaan yang sebenarnya.

Benda yang penampang melintangnya *uniform*, dan panjangnya tak hingga merupakan deskripsi dari model benda dua dimensi. Untuk model benda dua dimensi, Metode Talwani umumnya digunakan. Metode Talwani banyak digunakan karena metode ini hampir selalu menghasilkan perhitungan interpretasi yang mendekati keadaan sebenarnya. Metode ini digunakan untuk observasi-observasi normal. Metode ini juga menggunakan bentuk persamaan-persamaan yang sederhana (*simple shapes*), terutama sekali jika menggunakan batas-batas kecuraman yang tinggi (<http://www.soes.soton.ac.uk>). Dengan metode ini, bentuk geologi bawah permukaan dapat ditentukan.



Gambar 2.5. Interpretasi dua dimensi model gravity profile dengan pendekatan kurva (Sharma, 1997).



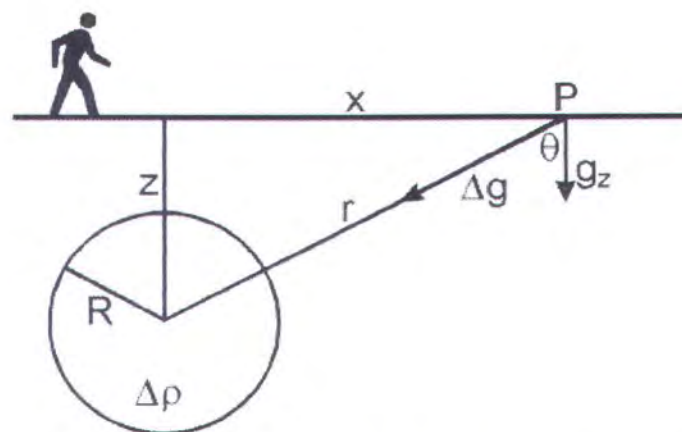


Gambar 2.6. Interpretasi tiga dimensi model gravity profile dengan pendekatan prisma vertikal (Sharma, 1997).

## 2.2.11. Perhitungan Numerik Gravity untuk Benda Dua Dimensi

### 2.2.11.1. Pengaruh Gayaberat Bola Metode Talwani

Bentuk bola ini sangat berguna sebagai perkiraan awal dalam interpretasi anomali tiga dimensi yang simetris.



Gambar 2.7. Pemodelan dengan pendekatan pengaruh gayaberat bola  
(<http://www.gcn.ou.edu>).



1. Formula dari <http://www.gcn.ou.edu> dan Sharma, 1997.

$$g_{bola} = \frac{G4\pi R^3(\Delta\rho)}{3r^2} = \frac{G\Delta M}{r^2} = \frac{G\Delta M}{(x^2 + z^2)} \quad (2.15.)$$

Setelah persamaan diatas diturunkan, maka akan didapatkan formula sebagai berikut:

$$g_{bola} = \frac{G\Delta M/z^2}{\left(1 + \left(\frac{x}{z}\right)^2\right)^{3/2}} \quad (2.16.)$$

Dengan kedalaman menuju pusat bola (*depth rule*):  $z = 1,305x_{1/2}$

Setelah harga  $\Delta M$  dan *depth rule* dimasukkan ke dalam persamaan 2.16, maka diperoleh harga z sebagai berikut:

$$z = \sqrt{\frac{G \frac{4}{3} \pi R^3 (\Delta\rho)}{g_{bola} (5,54)}} \quad (2.17.)$$

2. Formula dari Dobrin, 1981.

$$g_{bola} = 8,52 \frac{(\Delta\rho)R^3}{z^2} \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{x}{z}\right)^2\right)^{3/2}} \quad (2.18.)$$

Setelah harga *depth rule* dimasukkan ke dalam persamaan 2.18, maka diperoleh harga z sebagai berikut:

$$z = \sqrt{\frac{8,52(\Delta\rho)R^3}{g_{bola} (5,54)}} \quad (2.19.)$$





### 3. Formula dari Telford dkk, 1990.

$$g_{bola} = \frac{k(\Delta\rho)R^3}{\left(1 + \left(\frac{x}{z}\right)^2\right)^{3/2}} \quad (2.20.)$$

Setelah harga *depth rule* dimasukkan ke dalam *persamaan 2.20*, maka diperoleh harga  $z$  sebagai berikut:

$$z = \sqrt{\frac{k(\Delta\rho)R^3}{g_{bola}(5,54)}} \quad (2.21.)$$

#### 2.2.11.2. Pengaruh Gayaberat Silinder Horisontal Metode Talwani

Dari *Gambar 2.7*, untuk interpretasi pengaruh gayaberat silinder horisontal didapatkan:

##### 1. Formula dari <http://www.gcn.ou.edu> dan Sharma, 1997.

$$g_{silinderhorisontal} = \frac{2\pi G(\Delta\rho)R^2}{z} \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{x}{z}\right)^2\right)} \quad (2.22.)$$

Dengan kedalaman menuju pusat silinder horisontal (*depth rule*):

$$z = 1.0x_{1/2}$$

Setelah harga *depth rule* dimasukkan ke dalam *persamaan 2.22*, maka diperoleh harga  $z$  sebagai berikut:

$$z = \frac{\pi GR^2(\Delta\rho)}{g_{silinderhorisontal}} \quad (2.23.)$$



## 2. Formula dari Dobrin, 1981.

$$g_{\text{silinderhorizontal}} = \frac{12,77(\Delta\rho)R^2}{z} \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{x}{z}\right)^2\right)} \quad (2.24.)$$

Setelah harga *depth rule* dimasukkan ke dalam *persamaan 2.24*, maka diperoleh harga *z* sebagai berikut:

$$z = \frac{6,385(\Delta\rho)R^2}{g_{\text{silinderhorizontal}}} \quad (2.25.)$$

dimana:  $g_{\text{bola}}$  : komponen vertikal dari gravitasi (mGal).

$g_{\text{silinderhorizontal}}$  : komponen vertikal dari gravitasi (mGal).

$\Delta M$  : massa deposit  $\left( = \frac{4}{3} \pi R^3 (\Delta\rho) \right)$  (kg).

$\Delta\rho$  : harga densitas ( $\text{kg/m}^3$ ).

$G$  : konstanta gravitasi ( $6,672 \times 10^{-11}$  – SI unit).

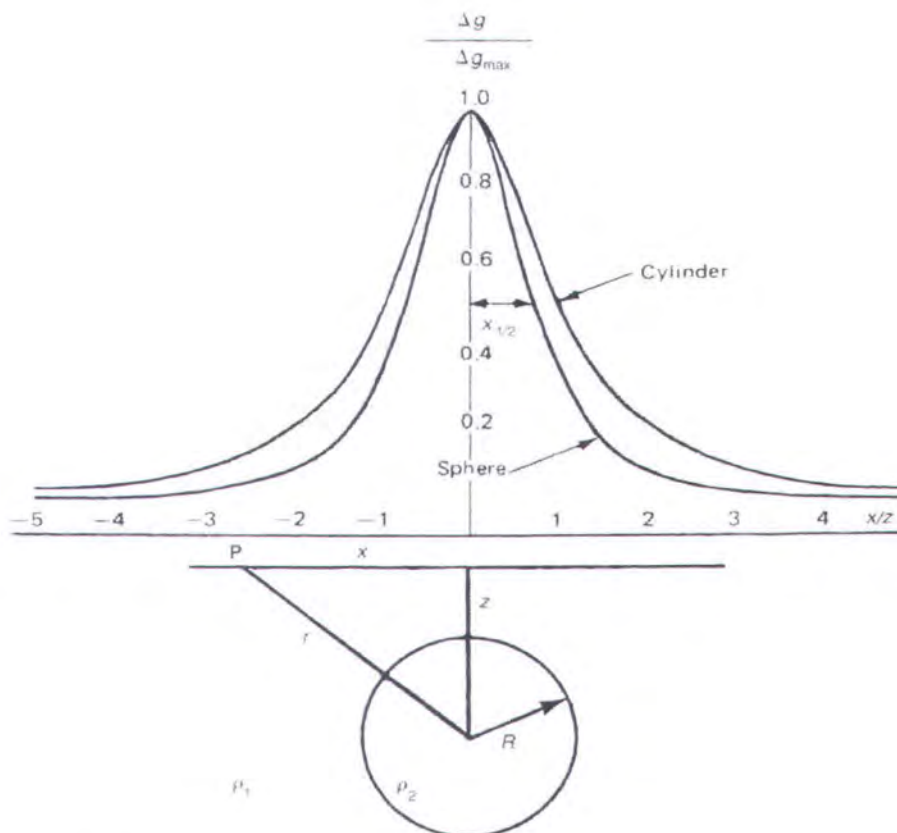
$k$  : konstanta Telford dkk, 1990 ( $27,9 \times 10^{-3}$ ).

$x, z, R$  : jarak, kedalaman, jari-jari bola (tergantung satuan yang ditinjau).

$x_{1/2}$  : jarak dimana titik  $g_{\text{bola}}$  dan  $g_{\text{silinderhorizontal}}$  ditinjau.



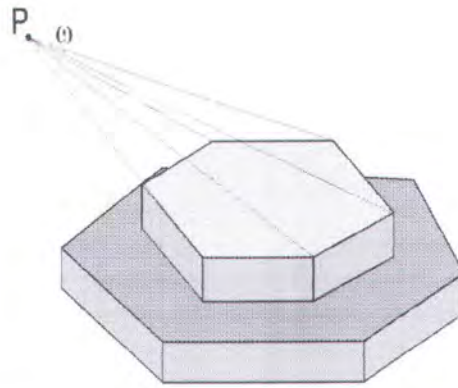




Gambar 2.8. Kurva interpretasi dua dimensi dengan perhitungan pengaruh gayaberat bola dan silinder horisontal (Sharma, 1997).

### 2.2.12. Perhitungan Numerik Gravity Untuk Benda Tiga Dimensi.

Metode numerik ini untuk menghitung efek gravitasi yang disebabkan oleh benda dalam bentuk 3 dimensi. Dasar pemikirannya adalah bahwa benda 3 dimensi ini dibagi 2 dalam lempeng tipis horisontal dengan ketebalan tertentu, yang kemudian efek dari tiap lempeng itu dihitung.



Gambar 2.9. Perhitungan numerik untuk benda 3 dimensi(solid)  
dengan metode Talwani (<http://www.gcn.ou.edu>).

Dari (Gambar 2.9.), maka:

$$\Delta g = G \sigma \omega \quad (2.26.)$$

dimana:  $\omega$  = sudut solid.

$\sigma$  = mass per unit area.

$\rho$  = ketebalan.

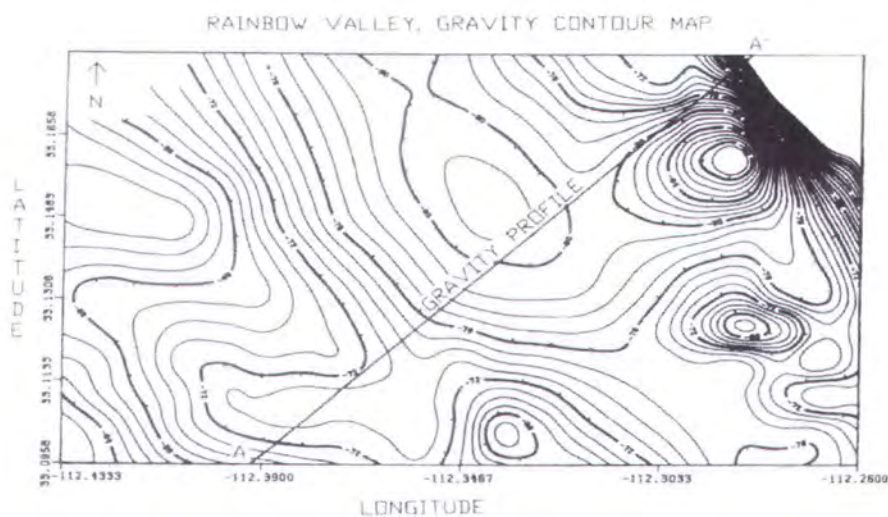
$G$  = konstanta gravitasi ( $6,672 \times 10^{-11}$  – SI unit).

### 2.2.13. Teknik Pemodelan Gayaberat

Untuk teknik pemodelan gayaberat langkah pertama kali adalah membuat garis penampang yang memotong kontur daerah yang diteliti (daerah observasi) pada peta kontur anomali Bouguer. Kemudian menulis posisi perpotongan garis penampang dengan garis kontur, data yang diperoleh berupa posisi perpotongan dan harga anomali Bouguer. Data koordinat tersebut dimasukkan ke dalam *software*, yang mana setelah data selesai dimasukkan akan diperoleh suatu kurva observasi (*observed*). Kemudian di set batasan harga anomali Bouguer dan



kedalaman serta jarak lintasan penampang, kemudian di gambar poligon-poligon yang menggambarkan kondisi struktur bawah permukaannya. Setelah digambar poligon-poligon, maka akan didapatkan kurva interpretasi (*calculated/modeled*). Kemudian di masukkan harga densitas yang mewakili pada tiap-tiap poligon. Setelah itu dilakukan manipulasi model baik berupa harga densitas ataupun bentuk poligon hingga kurva observasi berimpit (*matching*) dengan kurva hasil pemodelan. Data penunjang berupa data geologi baik berupa data stratigrafi maupun data pengeboran sangat dibutuhkan untuk mengetahui selang harga densitas yang realistis dari poligon-poligon tersebut.



Gambar 2.10. Garis penampang yang memotong kontur daerah observasi pada peta anomali Bouguer (Sharma, 1997).

## BAB III

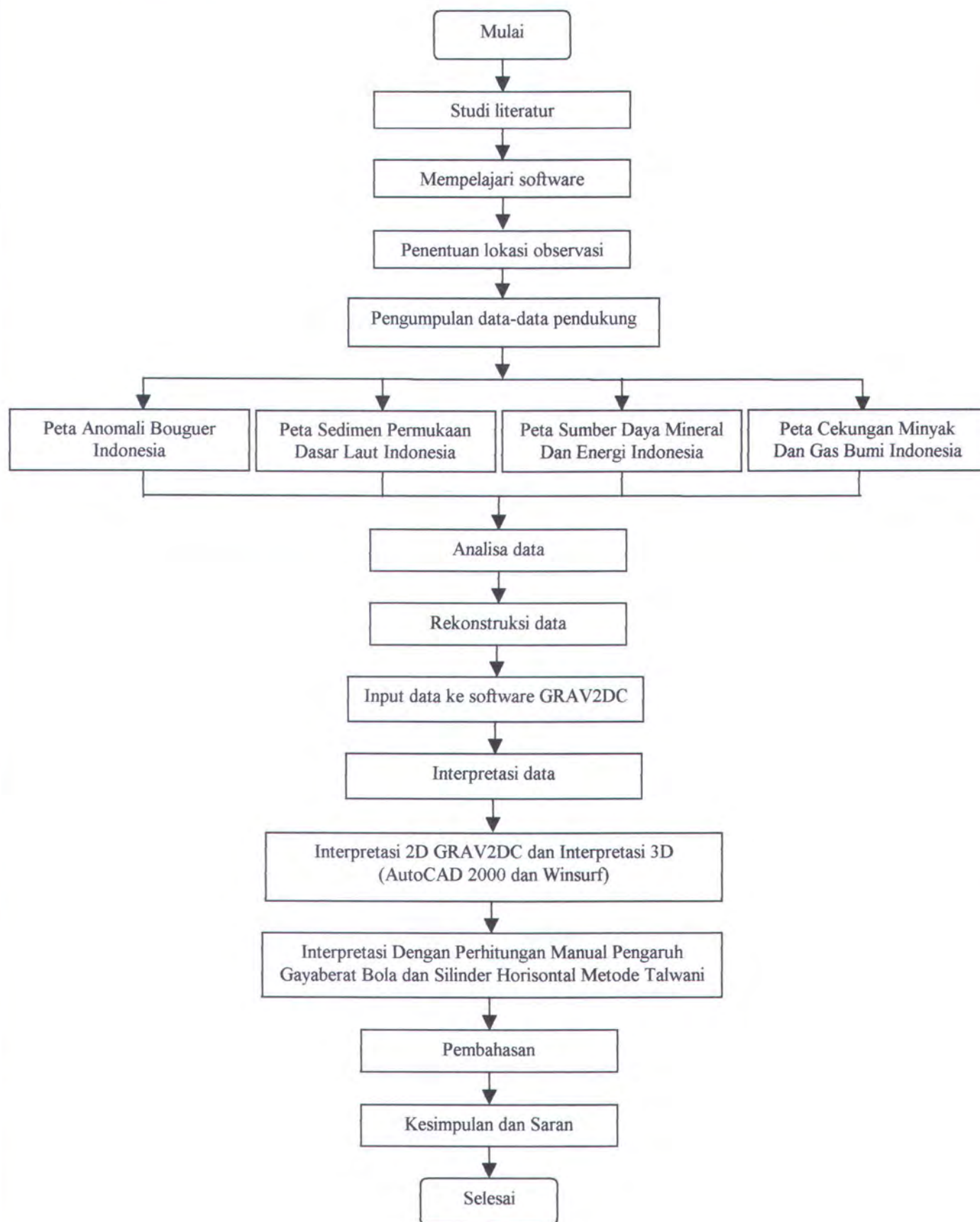
### METODOLOGI

#### 3.1. Umum

Studi yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah dengan metode analisa. Analisa dilakukan dengan menggunakan data sekunder dari lokasi observasi, yaitu Laut Maluku dan Laut Seram. Proses analisa dilakukan sampai diperoleh hasil interpretasi yang akurat dari lokasi observasi. Dalam studi ini digunakan bantuan *software* dalam proses interpretasi, yaitu GRAV2DC untuk interpretasi dua dimensi. Sedangkan untuk interpretasi tiga dimensi digunakan *software* AutoCAD 2000 dan Winsurf. Juga dilakukan interpretasi dengan perhitungan manual pengaruh gayaberat bola dan silinder horisontal Metode Talwani. Dari interpretasi ini akan diperoleh pemodelan (dua dimensi dan tiga dimensi) dan spesifikasi-spesifikasi lain dari lokasi observasi, sehingga dapat diambil beberapa catatan-catatan penting khususnya yang berhubungan dengan eksplorasi hidrokarbon.

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dari studi ini mulai dari awal sampai akhir, maka disusun urutan kegiatan secara benar dan terperinci berdasarkan urutan kegiatan yang dilakukan. Urutan kegiatan tersebut dapat digambarkan dalam diagram alir atau *flow chart*. Adapun diagram alir dari pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dijelaskan seperti pada *Gambar 3.1*.





Gambar 3.1. Diagram alir (flow chart) pengerjaan Tugas Akhir.



### 3.2. Penjelasan

Untuk lebih jelasnya diagram alir dari pengerjaan Tugas Akhir di atas dijelaskan sebagai berikut:

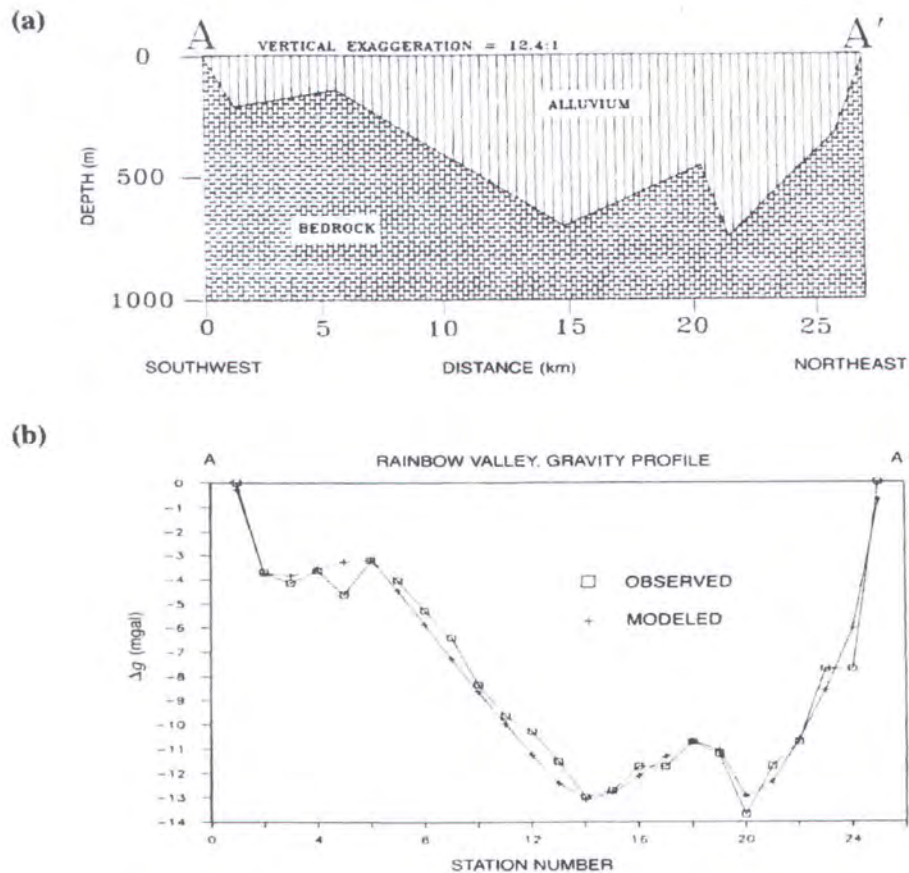
#### 3.2.1. Studi Literatur

Pada studi literatur adalah meliputi mencari dan menyeleksi bahan pustaka yang berkaitan dengan segala permasalahan mengenai eksplorasi dengan metode geofisika dan interpretasi anomali gayaberat untuk keperluan eksplorasi sumber daya alam di bawah dasar laut. Studi literatur ini di dapat dari berbagai sumber pustaka antara lain: buku, proseding, jurnal penelitian, diktat kuliah, majalah, dan internet. Selain itu juga literatur dari data sekunder (peta anomali Bouguer Indonesia, peta sedimen permukaan dasar laut wilayah laut Indonesia, peta sumber daya mineral dan energi lepas pantai Indonesia dan peta cekungan minyak dan gas bumi Indonesia).

#### 3.2.2. Mempelajari Software

Yang dilakukan di sini adalah memahami, mendalami, dan menguasai dari penggunaan *software* GRAV2DC sebagai sarana input data yang telah kita analisa. *Software* GRAV2DC adalah *software* yang berbasis Windows, dimana *software* ini khusus digunakan untuk menganalisa sifat dari anomali gravitasi bumi yang selanjutnya setelah melalui proses interpretasi akan didapatkan bentuk model dua dimensi. *Output* dari GRAV2DC bisa di konfersikan (*support*) ke program-program dengan





Gambar 2.11. (a) Gravity model untuk profile A-A'. (b) Calculated vs observed anomaly profile (Sharma, 1997).

### 2.3. Tinjauan Reservoir

Reservoir adalah bagian dari kerak bumi yang mengandung minyak dan gas bumi (Wahyudi, 1999).

#### 2.3.1. Batuan Reservoir

Batuan reservoir adalah merupakan wadah di bawah permukaan yang mengandung minyak dan gas bumi. Ruangan penyimpanan minyak dalam reservoir berupa rongga-rongga atau pori-pori yang terdapat diantara butiran mineral atau dapat pula di dalam rekahan batuan yang mempunyai



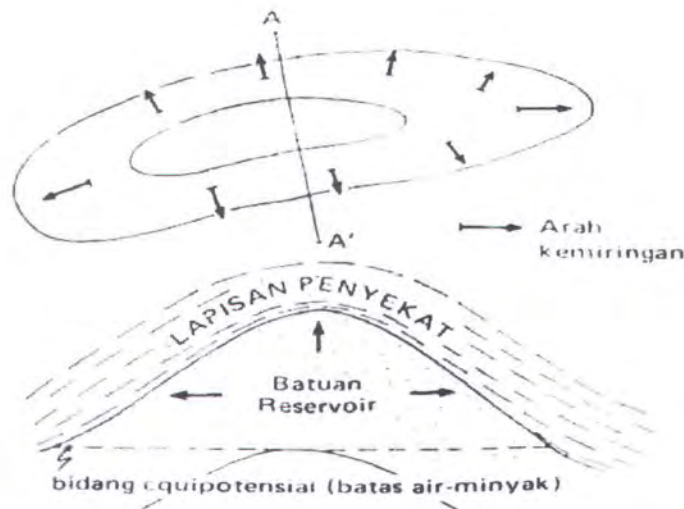
porositas rendah. Pada hakekatnya setiap batuan dapat bertindak sebagai batuan reservoir asal mempunyai kemampuan untuk dapat menyimpan serta melepaskan minyak bumi. Batuan reservoir yang terdapat di kerak bumi pada umumnya berupa batuan sedimen. Terdapat beberapa tipe batuan sedimen, tetapi ada empat tipe yang biasa dibicarakan dalam proses hidrokarbon, yaitu *sandstone*, *limestone*, *dolomite*, dan *shale*.

*Sandstone* atau batuan pasir merupakan batuan sedimen detrital dan mempunyai tekstur klasik, yaitu batuan sedimen yang terbentuk sebagai hasil pelapukan dan disintegrasi. Hasil pelapukan tersebut kemudian di transport dan diakumulasikan dalam cekungan dan diendapkan secara berlapis, sehingga terbentuklah suatu batuan teratur. *Sandstone* ( $\text{SiO}_2$ ) cenderung mempunyai porositas yang baik.

*Limestone* dan *dolomite* masuk dalam kategori batuan sedimen karbonat. Batuan ini secara umum terjadi karena adanya proses kimia yang terjadi padanya, baik secara langsung maupun dengan perantara organisme. *Limestone* atau batu gamping tersusun atas mineral kalsite, dimana paling sedikit mengandung unsur  $\text{MgCO}_3$  antara 4% sampai kadang lebih dari 40%. Sedangkan *dolomite* adalah jenis batuan yang merupakan perubahan dari batuan karbonat karena adanya proses dolomitisasi yang bekerja padanya.



*Shale* merupakan jenis batuan yang *non-permeable* yang mempunyai komposisi kimia bervariasi sesuai dengan ukuran butir batuan dan derajat kekasaran. *Shale* dibentuk oleh konsolidasi dari lempung, lumpur, dan endapan lumpur. *Shale* merupakan batuan kedap air dan tidak berpori, sehingga merupakan lapisan penting untuk pembentukan batuan penghalang (*cap rock*).



Gambar 2.12. Prinsip penjebakan minyak dalam perangkap struktur  
(Koesoemadinata, 1996).

### 2.3.2. Porositas Batuan Reservoir

Rongga-rongga atau pori-pori pada batuan reservoir dinyatakan sebagai porositas batuan ( $\phi$ ), yang merupakan fraksi atau persen dari volume ruang pori-pori terhadap volume batuan total (volume keseluruhan).

$$\phi = \frac{V_b - V_s}{V_b} = \frac{V_p}{V_b} \quad (2.27.)$$

dimana:

$V_b$  = Volume batuan total (*bulk volume*).



$V_s$  = Volume padatan batuan total (*grain volume*).

$V_p$  = Volume ruang pori-pori batuan.

Berdasarkan cara terbentuknya porositas dibedakan menjadi:

1. Porositas primer, yaitu terbentuk bersama-sama dengan terbentuknya batuan. Jadi pada waktu batuan diendapkan terjadilah rongga-rongga antar batuan.
2. Porositas sekunder, yaitu terbentuk setelah batuan terjadi, dan biasanya tidak ada hubungannya dengan proses sedimentasi. Porositas sekunder dapat terjadi karena proses pelarutan, pelapukan, dan deformasi.

### 2.3.3. Permeabilitas Batuan Reservoir

Permeabilitas atau kelulusan adalah suatu sifat batuan reservoir untuk dapat meluluskan cairan melalui pori-pori yang berhubungan tanpa merusak partikel pembentuk atau kerangka batuan tersebut.

Definisi permeabilitas dapat dinyatakan dalam Hukum Darcy (1865), sebagai berikut:

$$V = -\frac{k}{\mu} \frac{dP}{dL} \quad (2.28.)$$

$$\frac{q}{A} = -k \frac{dP}{dL} \quad (2.29.)$$

dimana:

$V$  = kecepatan aliran (cm/dt).

$dP/dL$  = gradien tekanan dalam arah aliran (atm/cm).





$\mu$  = kekentalan fluida yang mengalir (cp).

$k$  = permeabilitas batuan berpori (darcy).

$A$  = luas penampang silinder (cm<sup>2</sup>).

$q$  = laju aliran (cm<sup>3</sup>).

Pemakaian persamaan Darcy ini tergantung dari jenis aliran dan kondisinya.

Beberapa asumsi yang dipakai untuk persamaan tersebut adalah:

- Aliran linier horisontal dan *steady state*.
- Fluida satu fase yang homogen.
- Fluida *incompressible*.
- Viskositas fluida yang mengalir konstan.

#### 2.3.4. Saturasi Fluida

Saturasi fluida didefinisikan sebagai perbandingan volume masing-masing fluida yang mengisi volume pori-pori batuan terhadap volume pori-pori secara keseluruhan. Rumus saturasi fluida dinyatakan sebagai berikut:

$$S_f = \text{Volume pori yang diisi fluida } (V_f) / \text{Volume pori keseluruhan } (V_p)$$

Sedangkan untuk:

$$S_o = \text{Volume pori yang diisi minyak } (V_o) / \text{Volume pori keseluruhan } (V_p)$$

$$S_w = \text{Volume pori yang diisi air } (V_w) / \text{Volume pori keseluruhan } (V_p)$$

$$S_g = \text{Volume pori yang diisi gas } (V_g) / \text{Volume pori keseluruhan } (V_p)$$

$$S_o + S_w + S_g = 1 \quad (2.30.)$$

Bila terisi oleh minyak dan air saja, maka:  $S_o + S_w = 1$



Ruang pori-pori yang ada dalam reservoir biasa di isi oleh minyak, gas bumi, dan air atau campuran ketiga-tiganya. Oleh karena itu anomali yang ada di permukaan laut yang telah diperkirakan mengandung minyak belum tentu terbukti sebelum dilakukan pengeboran di lokasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi saturasi fluida adalah:

1. Pada batuan yang mudah dibasahi air, harga saturasi air cenderung tinggi pada porositas yang lebih kecil.
2. Akibat adanya perbedaan berat jenis antara minyak, gas, dan air maka umumnya saturasi gas akan tinggi pada bagian atas dari perangkat reservoir, begitu juga untuk saturasi air akan tinggi pada bagian bawah dari perangkat reservoir.
3. Saturasi fluida akan bervariasi selama proses produksi berlangsung karena adanya perubahan distribusi fluida, jika minyak diproduksi maka tempatnya di dalam reservoir akan digantikan oleh air atau gas bebas.
4. Saturasi minyak dan saturasi gas sering dinyatakan dengan istilah ruang pori-pori yang terisi oleh hidrokarbon, jika volume contoh batuan adalah  $V$ , ruang pori-pori adalah  $\phi \times V$ . Maka ruang pori-pori yang terisi hidrokarbon adalah:

$$S_o \cdot V \cdot \phi + S_g \cdot V \cdot \phi = (1 - S_w) \cdot V \cdot \phi \quad (2.31.)$$





### BAB III METODOLOGI

بسم الله الرحمن الرحيم

*Allahi akan meninggikan rang-rang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allahi Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.*

*(Q.S. Al-Mujadillasi: 11).*





basis yang sesuai (*compatible*), misalnya file yang berbasis DXF (*Drawing eXchange File*), ASCII, dan HPGL. Juga *support* ke beberapa program-program yang berbasis *Windows* (<http://www.rockware.com>).

Satuan yang dipakai dalam *software* GRAV2DC ini adalah km dan m, dan satuan densitas yang dipakai adalah  $\text{g/cm}^3$  (satuan anomali gravitasi bumi dalam mGal) dimana  $1 \text{ mGal} = 1 \text{ cm/dt}^2$ . Spesifikasi dari *software* GRAV2DC yaitu: maksimum nomor data point adalah 650, maksimum nomor *body* per model adalah 16, dan maksimum nomor titik-titik (*corners*) per *body* adalah 50 (<http://www.rockware.com>).

Prinsip kerja dari GRAV2DC sendiri adalah berpedoman pada perhitungan *invers*, yang merupakan salah satu metode perhitungan matematika yang digunakan untuk memodifikasi garis-garis (kurva) bayangan yang menyertai suatu model sampai didapatkan suatu perhitungan garis-garis (kurva) yang paling mendekati atau paling mirip dengan garis-garis (kurva) hasil observasi. Untuk melakukan proses inversi tersebut digunakan *ridge regression and singular value decomposition*, yaitu merupakan metode yang sering digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah *least square*.

### 3.2.3. Menentukan Lokasi Observasi

Lokasi yang diperlukan untuk interpretasi anomali gayaberat adalah berupa data sekunder (peta anomali Bouguer Indonesia, peta sedimen





permukaan dasar laut wilayah laut Indonesia, peta sumber daya mineral energi lepas pantai Indonesia, peta cekungan minyak dan gas bumi Indonesia) yang berisi tentang letak dan kondisi sumber daya alam di laut (mineral dan hidrokarbon) di wilayah timur Indonesia, khususnya untuk Laut Maluku dan Laut Seram.

#### 3.2.4. Pengumpulan Data-Data Pendukung

Dalam pengumpulan data-data pendukung adalah mencari dan mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan segala permasalahan interpretasi anomali gayabarat untuk keperluan eksplorasi dibawah dasar laut. Data yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah data sekunder, yaitu data yang di dapat dengan tanpa melakukan pengamatan langsung atau mendatangi lokasi studi. Data sekunder ini diperoleh dari Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPGL), dan Pertamina. Data sekunder yang diperoleh dan diperlukan dalam pengerjaan Tugas Akhir adalah:

1. Peta anomali Bouguer (*Bouguer anomaly map*) Indonesia dengan skala 1:5.000.000 cm. Peta ini menyajikan bentuk-bentuk anomali untuk seluruh wilayah laut Indonesia.
2. Peta sedimen permukaan dasar laut wilayah laut Indonesia (*surficial sediment map of the Indonesia seas*) dengan skala 1:5.000.000 cm. Peta ini memberikan informasi mengenai sedimen di permukaan dasar laut untuk seluruh wilayah laut Indonesia.



3. Peta sumber daya mineral dan energi lepas pantai Indonesia (*mineral and energy resources map of Indonesian offshore*) dengan skala 1:5.000.000 cm. Peta ini memberikan informasi mengenai lokasi penyebaran mineral (hidrokarbon) untuk seluruh wilayah laut Indonesia.
4. Peta cekungan minyak dan gas bumi Indonesia dari Pertamina. Peta ini berguna untuk menentukan area cekungan minyak dan gas bumi untuk seluruh wilayah laut Indonesia.

### 3.2.5. Analisa Data

Dari data-data tersebut kemudian dianalisa, diolah dan dibahas secara umum dan detail dengan menggunakan teori dan metode-metode yang berkaitan. Analisa data meliputi analisa anomali Bouguer (gayaberat), analisa sedimen permukaan dasar laut, analisa sumber daya mineral dan energi, analisa geologi, dan analisa input data.

Dari peta sedimen permukaan dasar laut wilayah laut Indonesia (*surficial sediment map of the Indonesia seas*), peta sumber daya mineral dan energi lepas pantai Indonesia (*mineral and energy resources map of Indonesian offshore*), dan peta cekungan minyak dan gas bumi Indonesia, maka akan diketahui kondisi topografi dan geologi dari dasar Laut Maluku dan Laut Seram yang berupa sebaran sedimentasi permukaan dasar laut, penyebaran sumber daya mineral dan energi, dan gambaran dari cekungan minyak dan



gas bumi. Selain itu juga ditentukan batasan kedalaman Laut Maluku dan Laut Seram yang akan diinterpretasikan.

Dari peta anomali Bouguer (*Bouguer anomaly map*) Indonesia kemudian dianalisa bentuk kontur anomalnya dan besarnya anomali gayabarat untuk Laut Maluku dan Laut Seram. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan batas lokasi atau batas daerah di Laut Maluku dan Laut Seram berdasarkan anomali gayabaratnya. Hal ini berguna untuk mempermudah pengambilan data jarak dan besarnya anomali yang terukur dan mempertajam proses penginterpretasian data menjadi model dua dimensi dan tiga dimensinya.

#### **3.2.6. Rekonstruksi Data**

Yang dilakukan dalam rekonstruksi data adalah mengubah data sekunder dari analisa data menjadi data yang siap untuk di implementasikan sebagai *input data ke software GRAV2DC*.

#### **3.2.7. Input Data ke Software GRAV2DC**

Dari olahan dan pembahasan data-data kemudian kita *input ke software GRAV2DC* untuk memperoleh interpretasi dua dimensi.

#### **3.2.8. Interpretasi Data**

Hasil dari *output data dari software GRAV2DC* kemudian diinterpretasikan untuk mengestimasi bentuk dan dimensi dari sumber mineral bawah dasar laut. Dalam menginterpretasikan data anomali



gayaberat akan ditemukan suatu keunikan tertentu, dimana akan timbul keanehan akibat banyaknya solusi pemecahan mengenai model anomali dengan berbagai parameter rapat massa, geometri serta kedalaman laut yang bervariasi. Sebagai solusi pemecahannya, maka harus ditentukan terlebih dahulu parameter-parameter, seperti: densitas serta rapat massa berdasarkan data geologi atau data lain yang tersedia, kemudian ditentukan distribusi massa atau geometri dari benda anomali.

Metode interpretasi yang sering digunakan adalah metode kuantitatif, yaitu:

1. Metode interpretasi langsung (*inverse modelling*) dimana parameter benda anomali diperoleh dari anomali gayaberat hasil pengamatan.
2. Metode interpretasi tak langsung (*foward modelling*) dimana parameter benda anomali didapatkan dengan *try and error* mengenai harga-harga parameter hingga diperoleh anomali gayaberat hitungan sesuai dengan anomali gayaberat pengamatan.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini akan digunakan interpretasi tak langsung (*foward modelling*). Benda yang penampang melintangnya seragam dan panjangnya tak hingga merupakan deskripsi dari model benda dua dimensi. Untuk model benda dua dimensi, Metode Talwani umumnya digunakan. Penampang melintang sembarang benda dua dimensi senantiasa dapat didekati dengan poligon bersisi-n. Dalam metode ini, geologi bawah permukaan ditentukan terlebih dahulu.



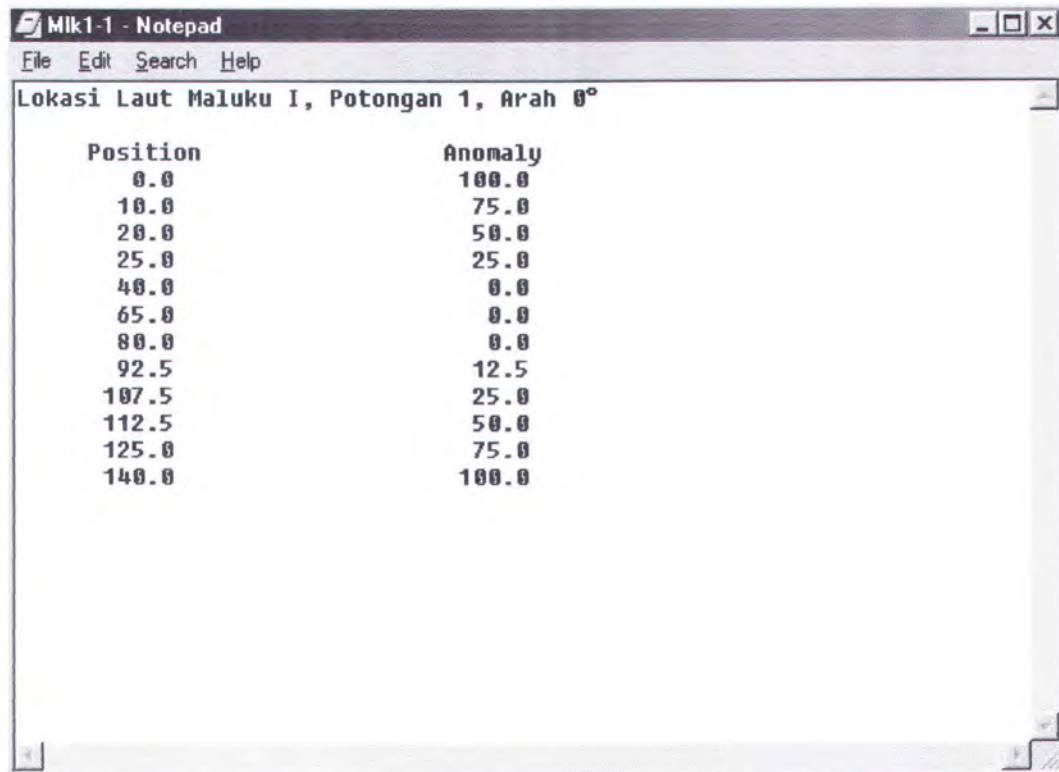


### 3.2.8.1. Interpretasi Dua Dimensi GRAVDC

Langkah pertama adalah membuat sembilan garis penampang melintang yang memotong kontur daerah penelitian pada peta anomali Bouguer untuk Laut Maluku I, delapan garis potongan untuk Laut Maluku II, dan enam garis penampang melintang untuk Laut Seram. Potongan-potongan tersebut bertemu pada satu titik yang menjadi titik pusat perpotongan dan sebagai titik acuan interval awal (nol) ditentukan titik terluar dari setiap potongan. Setiap potongan dibagi menjadi beberapa interval untuk mendapatkan posisi jarak dan harga anomali. Panjang tiap-tiap potongan tidak harus sama tergantung besarnya kontur anomali tersebut. Pada tiap-tiap potongan kemudian dibagi menjadi beberapa interval jarak sesuai dengan jarak kontur anomali atau panjang potongan. Dari potongan-potongan tadi akan didapatkan data berupa jarak tiap interval dari titik acuan interval awal dan nilai anomalnya. Besarnya jarak tadi kemudian dikonversikan (dikalikan) dengan skala peta anomali Bouguer.

#### a. Proses Input Data

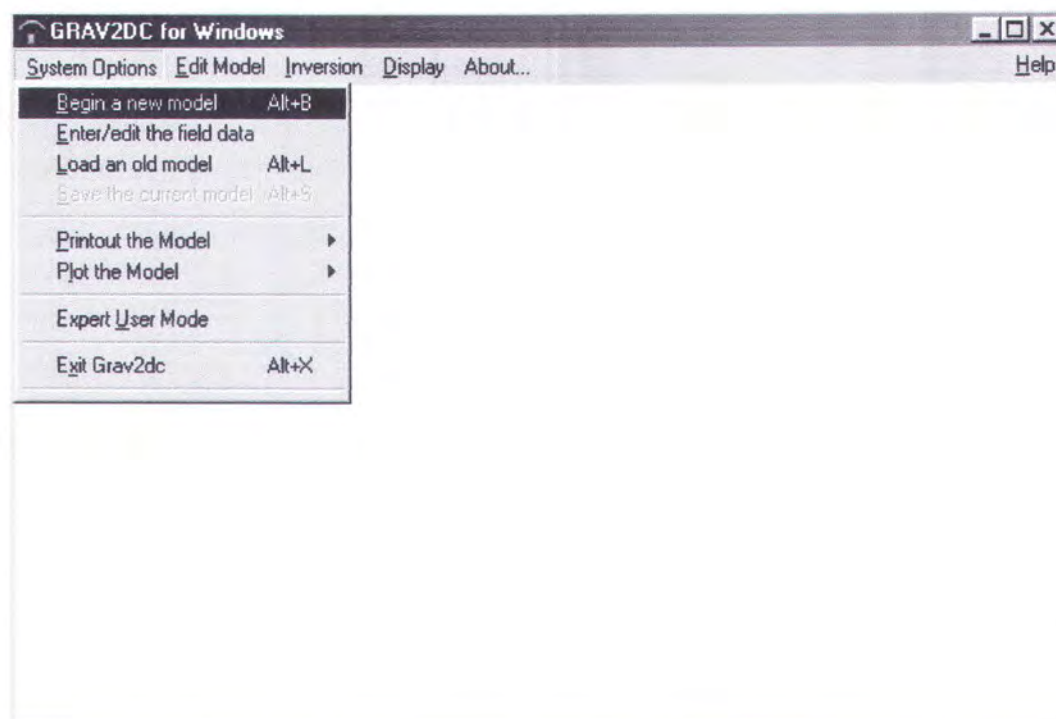
Dari data interval (jarak) dan harga anomali yang didapat diinputkan ke dalam *notepad* (Gambar 3.2). Kemudian data ini disimpan dengan ekstension *file* dta. *Input* data untuk lokasi observasi Laut Maluku dan Laut Seram lihat *Lampiran A*.



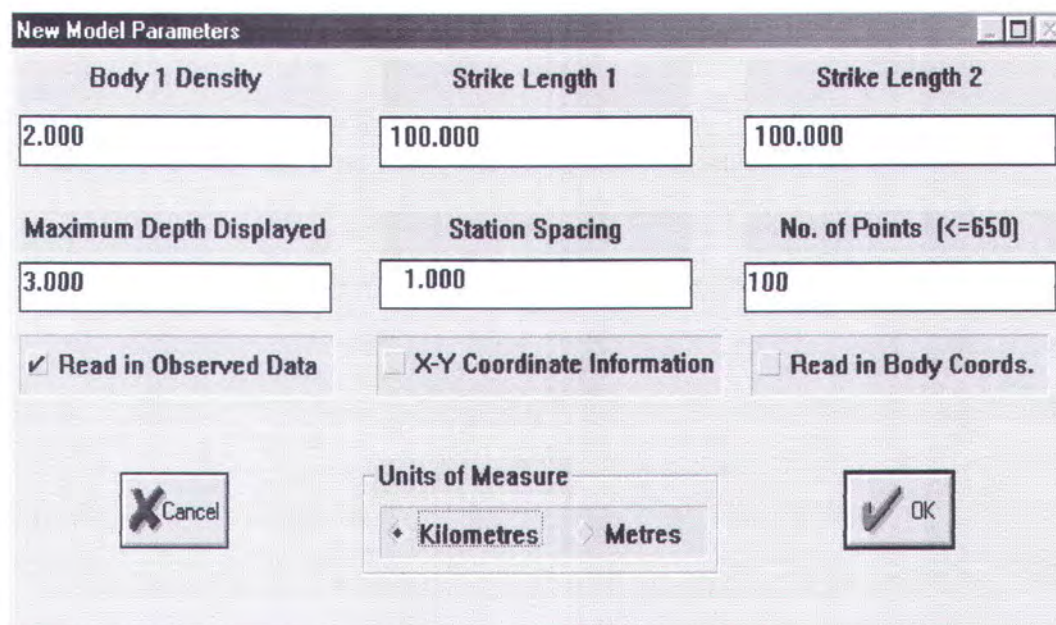
*Gambar 3.2. Input jarak dan harga anomali ke dalam program notepad.*

Untuk memulai pemodelan pada GRAV2DC, pada layar kita pilih *begin a new model* (lihat Gambar 3.3.) dengan mengisi parameter data yang dibutuhkan seperti densitas batuan dan material pada daerah observasi, jarak maksimum titik-titik stasiun pengamatan, kedalaman daerah observasi, jumlah titik yang akan dibuat, dan satuan yang digunakan. (Gambar 3.4.). Kedalaman maksimum diambil atau diasumsikan 3,0 kilometer, karena minyak bumi terdapat pada kedalaman antara 0,1 – 7,0 km, terutama antara 1,5 – 3,0 km (Koesoemadinata, 1996).

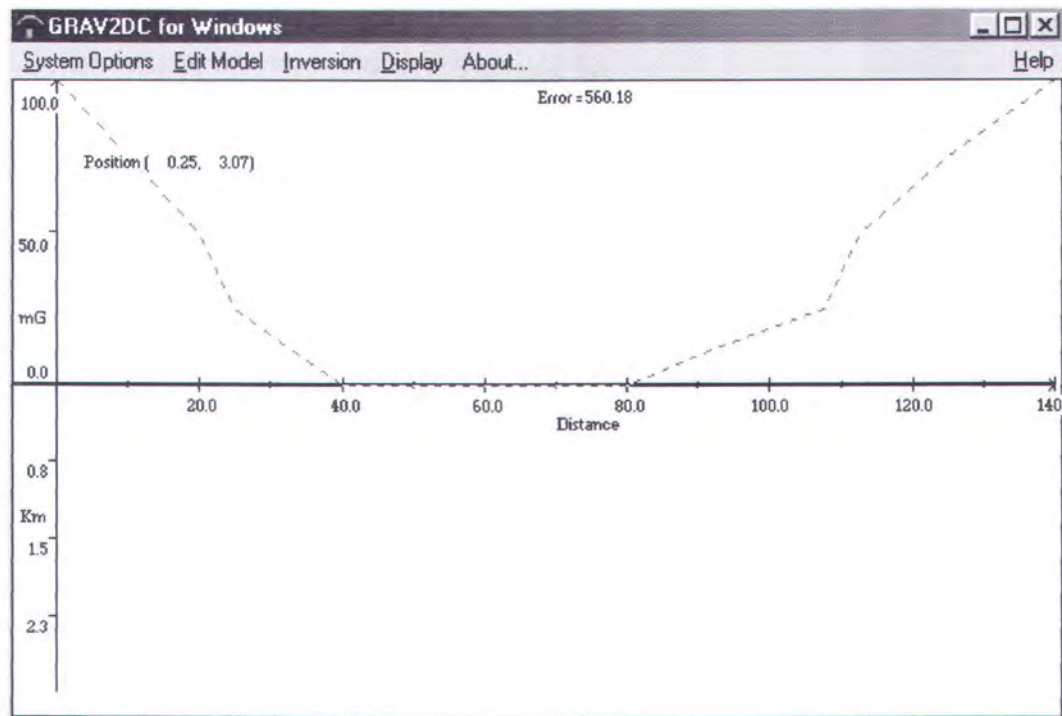




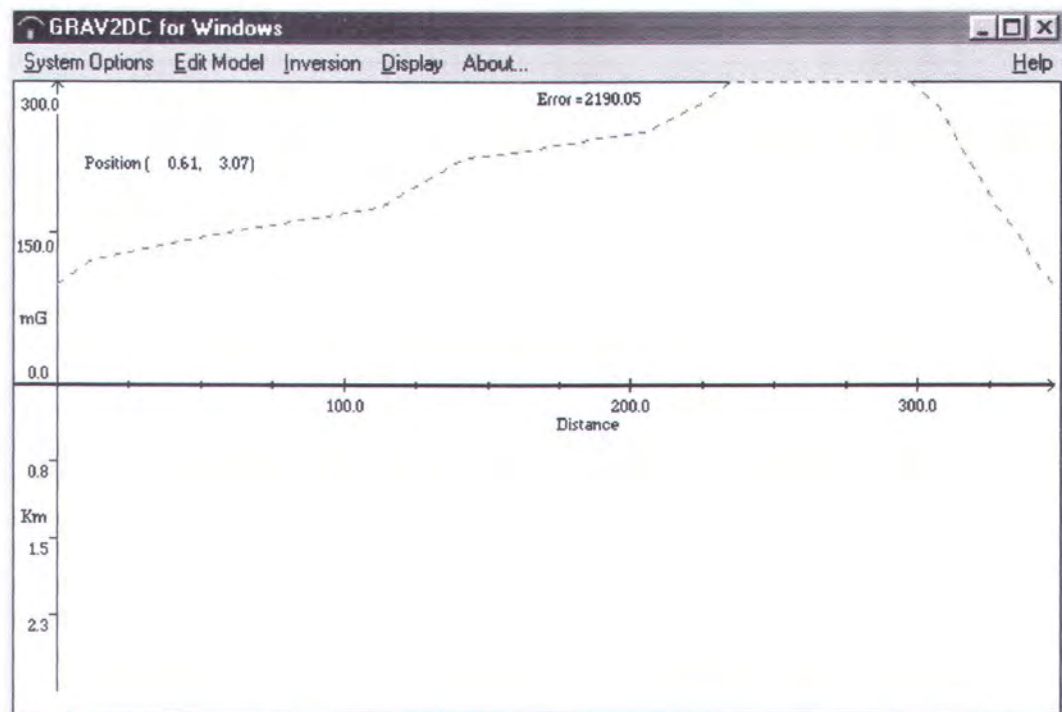
Gambar 3.3. Layar ketika memulai pemodelan.



Gambar 3.4. Layar parameter data untuk memulai pemodelan.



*Gambar 3.6. Grafik salah satu potongan daerah observasi untuk Laut Maluku.*



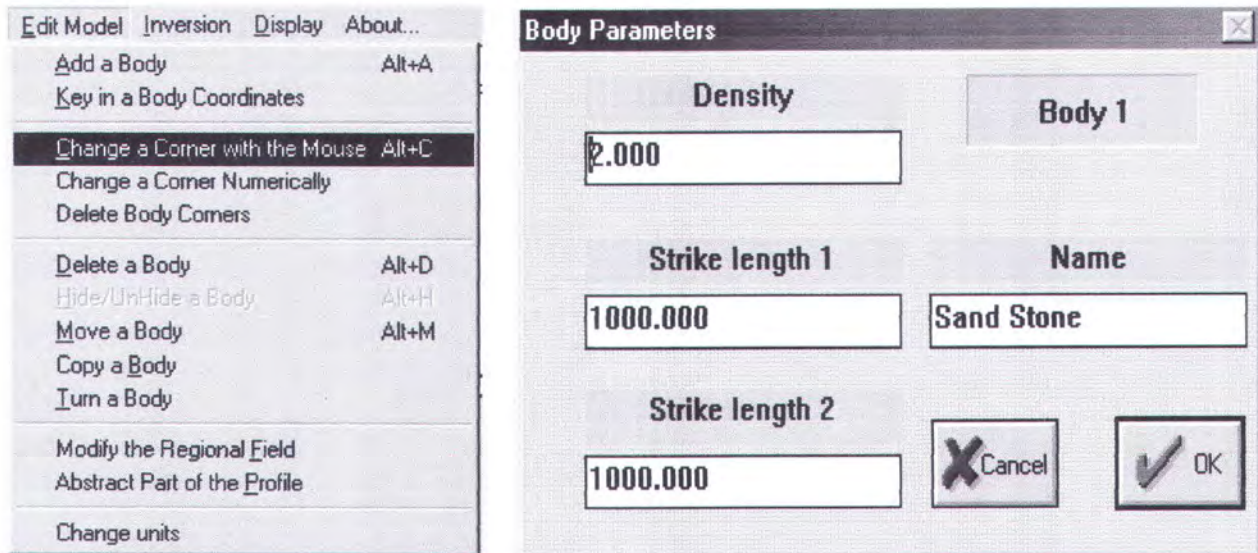
*Gambar 3.7. Grafik salah satu potongan daerah observasi untuk Laut Seram.*





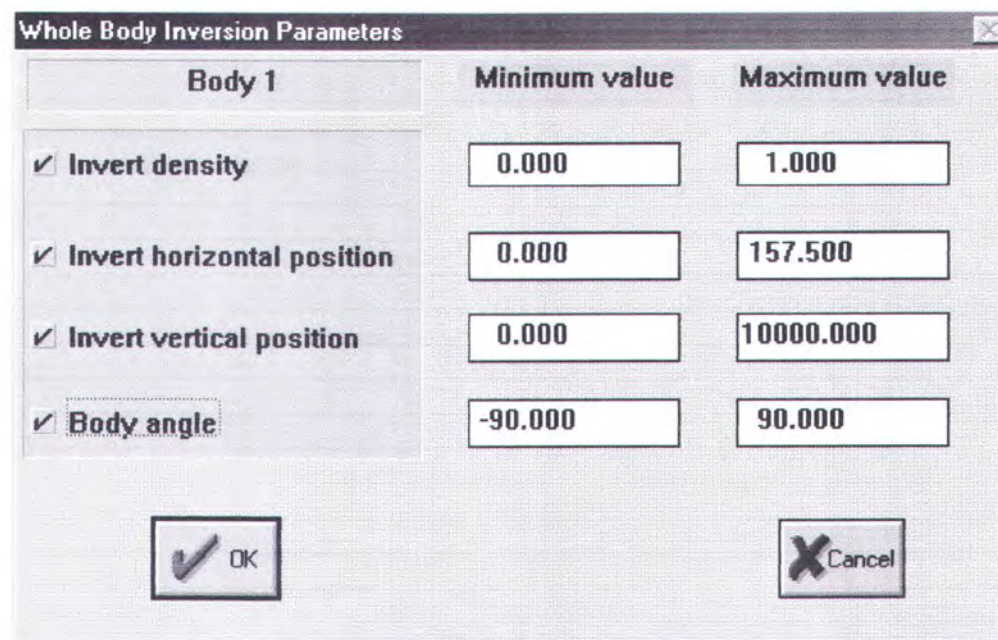
Setelah batasan harga anomali Bouguer dan kedalaman serta jarak lintasan penampang pada gambar hingga kurva terlihat jelas, kemudian digambar poligon-poligon (*body*) yang menggambarkan kondisi struktur bawah permukaannya. Pembuatan body dilakukan pada perintah *edit model*, kemudian dipilih *add a body*. Kemudian pada *body* diisikan *body parameters* sesuai dengan yang dikehendaki (*Gambar 3.8.*). Pemilihan harga densitas  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  (Laut Seram/anomali positif) adalah didasarkan pada tabel harga densitas batuan mineral dan geologi, dimana minyak dan gas bumi biasanya terdapat pada batuan sedimen yang mempunyai densitas batuan antara  $1,20 \text{ gr/cm}^3 - 2,90 \text{ gr/cm}^3$ . Harga  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  adalah harga rata-rata yang dipilih untuk jenis batuan tersebut. Sedangkan harga densitas  $-0,1 \text{ gr/cm}^3$  untuk Laut Maluku karena daerah observasinya adalah anomali negatif. Data penunjang berupa data geologi baik berupa data stratifikasi maupun data pengeboran sangat dibutuhkan untuk mengetahui selang harga densitas yang realistis dari poligon-poligon tersebut.

Untuk mendapatkan kurva observasi yang berimpit (*matching*) dengan kurva hasil pemodelan perlu dilakukan manipulasi model baik berupa harga densitas ataupun bentuk poligon (*horisontal position, vertical position, dan body angle*).



Gambar 3.8. Pembuatan body dan pengisian body parameter.

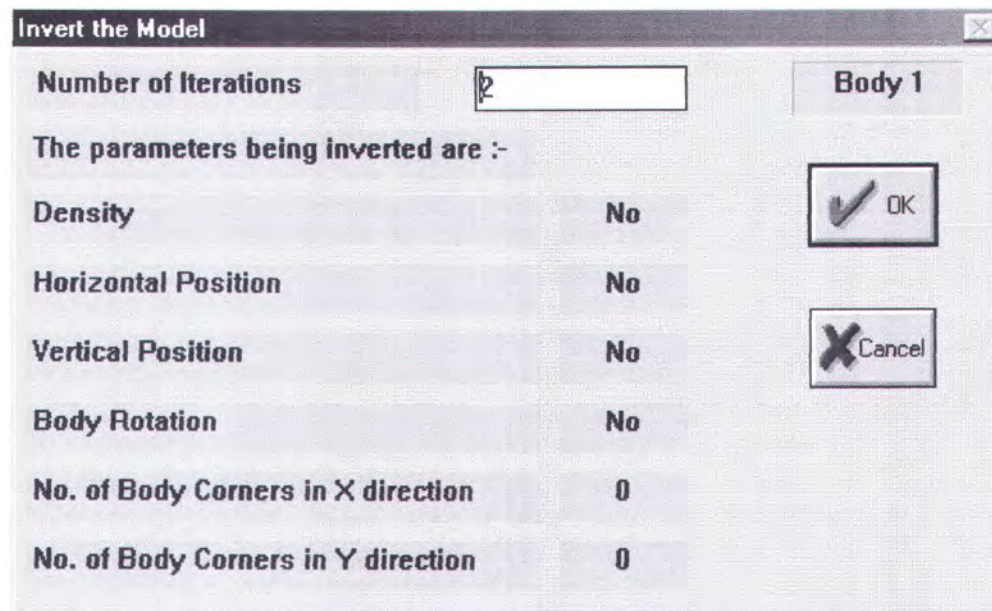
Manipulasi bentuk poligon (*body*) dilakukan dengan perintah *invert* pada icon *whole body inversion parameters* (Gambar 3.9.).



Gambar 3.9. Manipulasi bentuk poligon (*body*) dilakukan dengan perintah *invert* pada icon *whole body inversion parameters*.



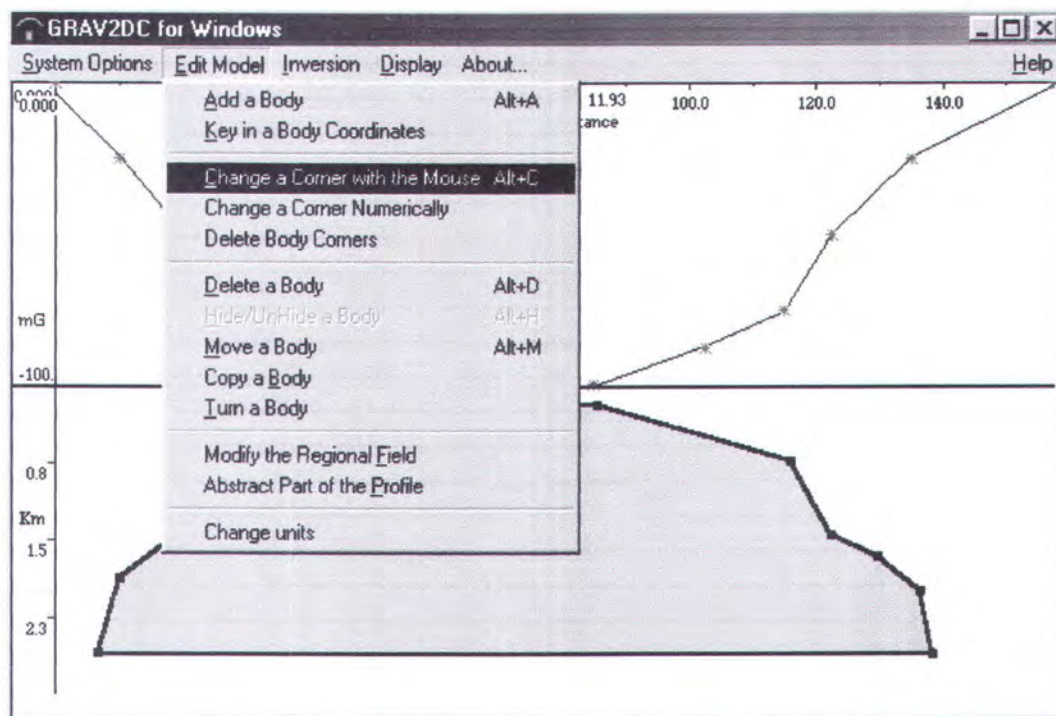
Perintah ini adalah untuk memperkecil *error* yang dihasilkan pada pemodelan. Setelah memilih salah satu dari empat parameter *invert* (dengan mengisikan tanda  $\surd$ ) yang ada, baru dapat dilakukan perintah *invert* (Gambar 3.10.).



Gambar 3.10. Manipulasi bentuk poligon (*body*) dilakukan dengan perintah *invert*.

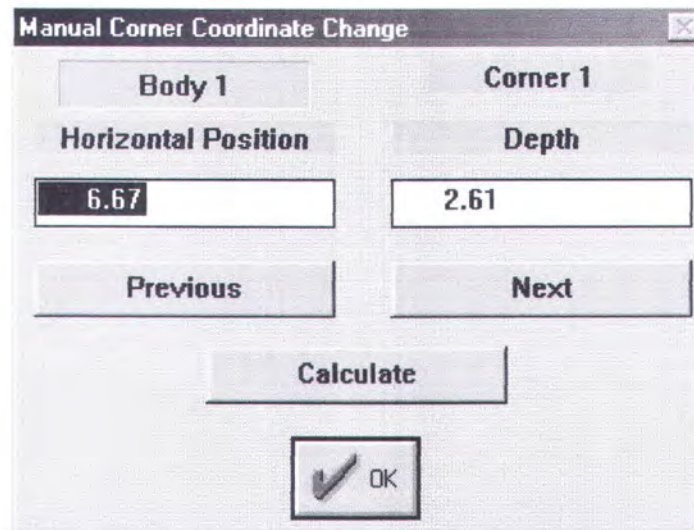
Sebelumnya pada bentuk poligon (*body*) diberi tanda (*indicator*) ke arah mana *body* tersebut akan digerakkan. *Indicator* ini terdapat pada *select corner inversion parameters*, dimana akan muncul perintah peletakan *indicator* pada posisi titik *body* yang dikehendaki. *Indicator* akan muncul sesuai dengan seberapa banyak *mouse* di klik pada titik-titik *body* tersebut. Langkah *invert* ini dilakukan untuk mendapatkan model kurva yang paling mendekati (berhimpit) dengan kurva hasil

observasi dan sampai mendapatkan *error* yang terkecil. Selain itu manipulasi bentuk poligon dapat pula dilakukan dengan cara manual, yaitu dengan memindahkan posisi titik pada *body* pada perintah *change a corner with mouse* di *edit model* (Gambar 3.11.) atau dengan memilih menu *change a corner numerically*, kemudian mengisi nilai koordinat dimana titik-titik *body* akan dipindah (Gambar 3.12).



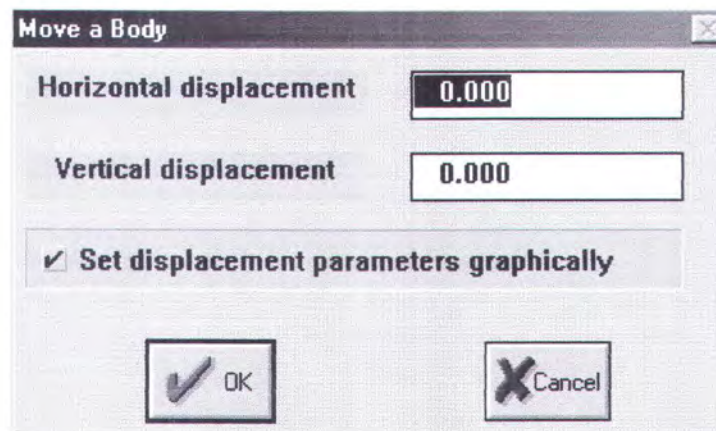
Gambar 3.11. Manipulasi bentuk poligon dilakukan dengan cara manual (menggunakan mouse).





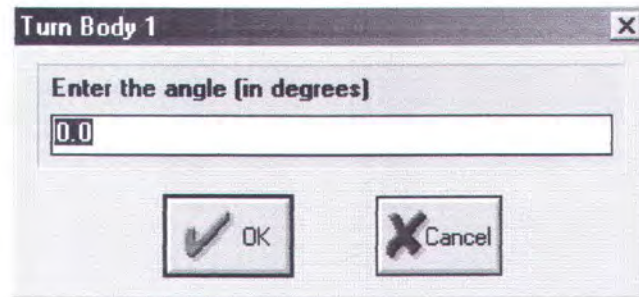
Gambar 3.12. Manipulasi bentuk poligon dengan cara numerik.

Selain itu dapat dilakukan perpindahan *body* (*moving*) pada perintah *move a body* pada menu *edit*, kemudian diisikan parameter yang dikehendaki (Gambar 3.13.).



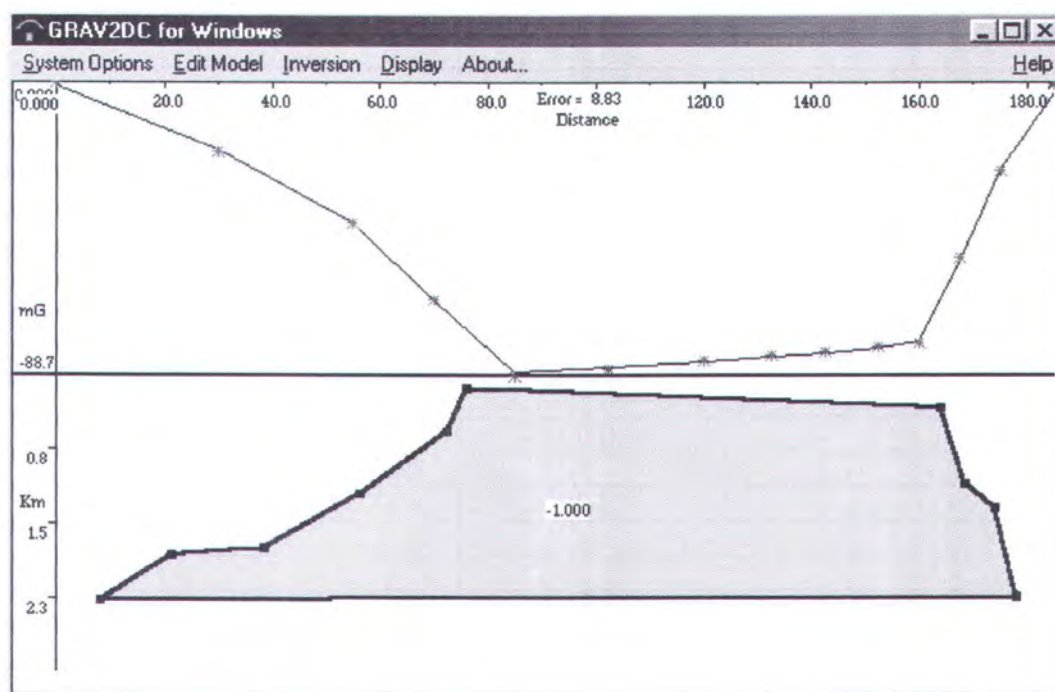
Gambar 3.13. Manipulasi bentuk poligon dengan memindahkan *body*.

Juga dapat dilakukan rotasi pada perintah *turn a body* pada menu *edit*, kemudian diisikan parameter yang dikehendaki (Gambar 3.14.).



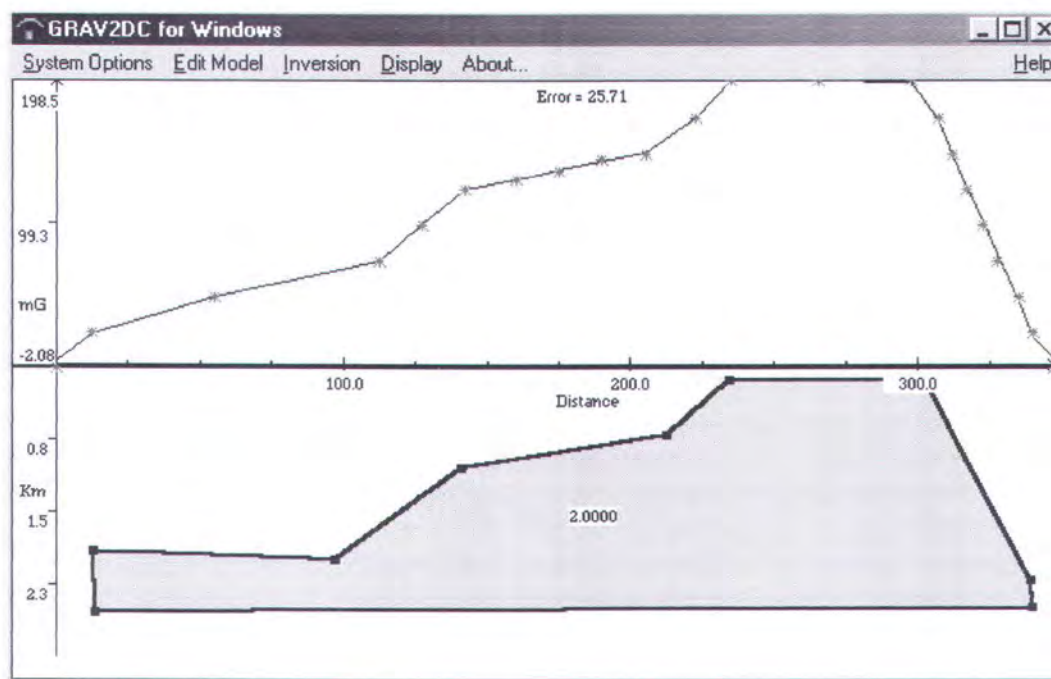
Gambar 3.14. Manipulasi bentuk poligon dengan merotasi body.

Manipulasi dilakukan sampai didapatkan kurva yang berhimpit dengan kurva observasi dengan *error* yang dihasilkan sekecil mungkin (minimum) (Gambar 3.15.) dan (Gambar 3.16).



Gambar 3.15. Kurva yang berhimpit dengan kurva observasi dengan *error* minimum untuk salah satu potongan daerah observasi Laut Maluku.

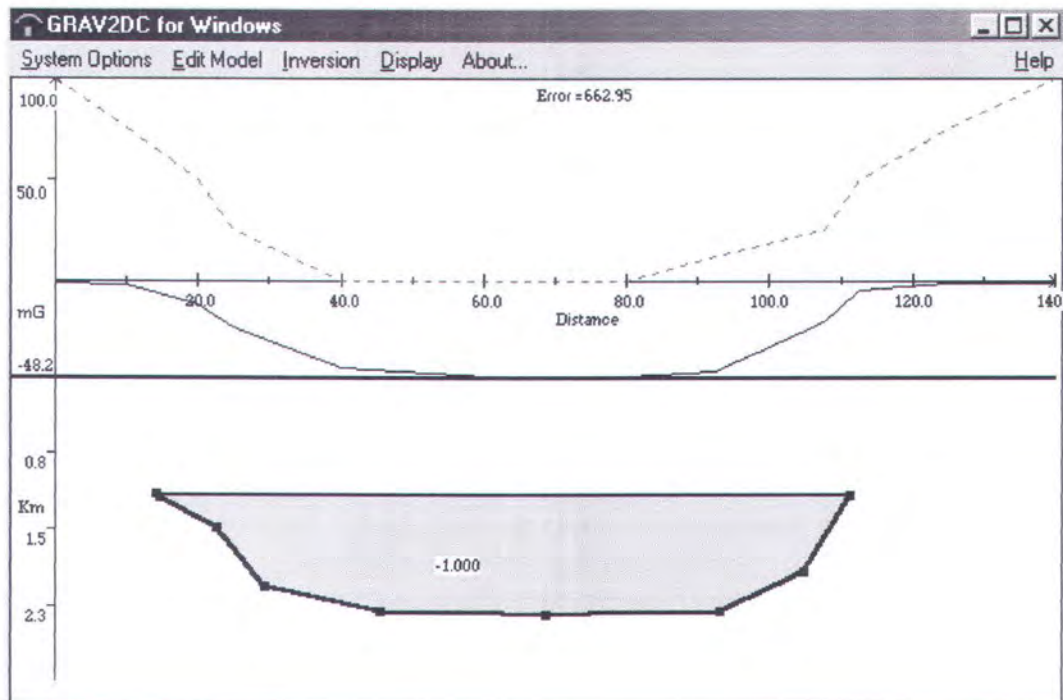




Gambar 3.16. Kurva yang berhimpit dengan kurva observasi dengan error minimum untuk salah satu potongan daerah observasi Laut Seram.

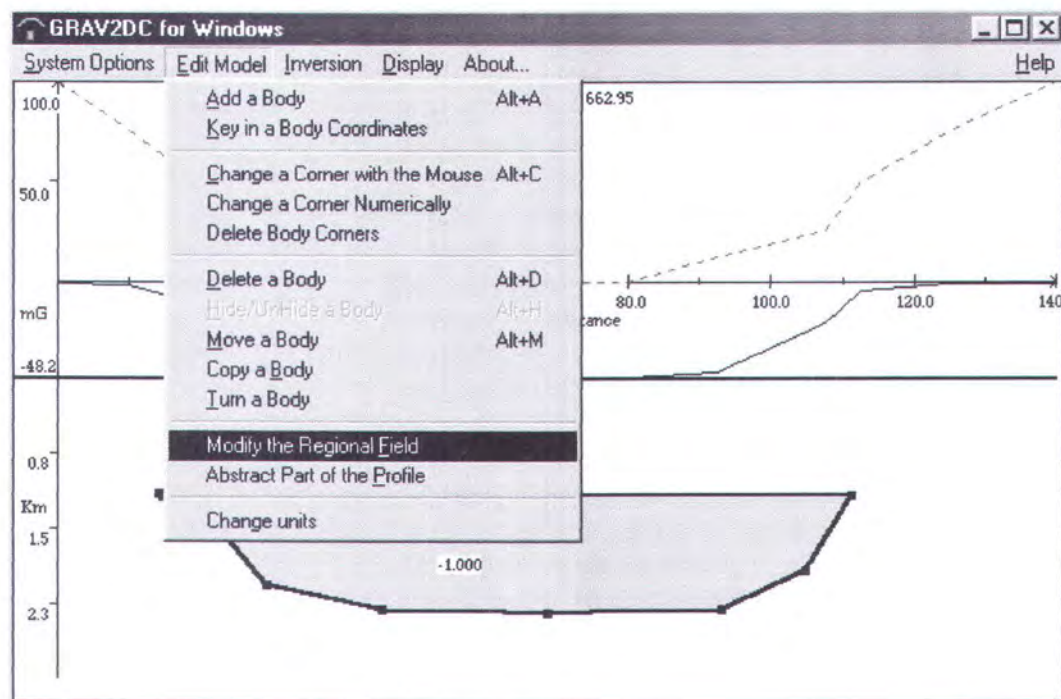
Kurva daerah observasi pada Laut Maluku (melengkung ke bawah/anomali negatif) pada Gambar 3.15., nilai mGal-nya (sumbu y) berbeda dengan kurva semula (dari data *notepad*) pada Gambar 3.6. Hal ini disebabkan telah dilakukan *modify* pada *regional field* sehingga sumbu x (jarak) menyesuaikan dengan kedua titik ujung kurva. *Modify* ini dilakukan agar pendekatan *body* yang dilakukan dapat semaksimal mungkin menghasilkan kurva yang berhimpit (*matching*) dengan kurva observasi, karena tanpa dilakukan *modify* kurva hasil pendekatan *body* tidak akan berhimpit bahkan bertemu dengan kurva observasi (Gambar 3.17.). *Modify* ini dilakukan

dengan memilih *edit menu* kemudian masuk ke *modify the regional field* (Gambar 3.18.).



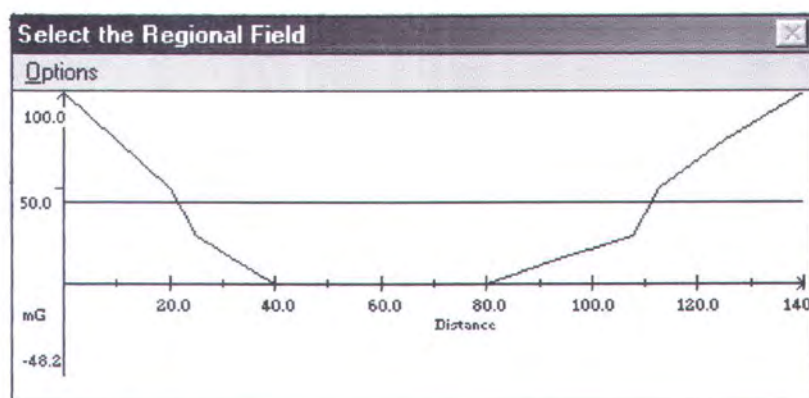
Gambar 3.17. Kurva pendekatan tanpa dilakukan modify yang tidak akan berhimpit bahkan bertemu dengan kurva observasi.





Gambar 3.18. Modify the regional field.

Pada menu *modify* akan muncul menu *select the regional field* (Gambar 3.19.) dan garis yang berada di atas garis sumbu x (jarak) dimodifikasi dengan dinaikkan sampai kedua ujungnya persis bertemu dengan kedua titik ujung kurva. Kemudian dipilih menu *exit* (*use modified data set*) pada *options* untuk menggunakan hasil dari modifikasi yang telah dilakukan.



Gambar 3.19. Proses modify.



Setelah proses *modify* selesai baru dapat dilakukan pendekatan *body* untuk menghasilkan kurva yang berhimpit dengan kurva observasi (Gambar 3.15 dan Gambar 3.16).

#### **b. Output Data**

Setelah didapatkan model dua dimensi dengan kurva pendekatan model (*body*) yang berhimpit kurva observasi dengan *error* se-minimum mungkin, kemudian didapatkan *output* datanya (lihat Lampiran B). *Output* data diperoleh dari menu *print out the model (to printer, to ASCII, to clipboard)* pada menu *system options*. Dari *output* GRAV2DC diperoleh data dari peta (*observed field*) yang kita inputkan dan data interpretasi (*calculated field*). Dari data *observed field* dan *calculated field* dapat dibuat grafik perbandingannya (lihat Lampiran C) untuk mengetahui kecenderungan interpretasi yang telah kita lakukan, yaitu apakah mendekati dengan data dari peta.

Toleransi batas *error* untuk pemodelan dengan *software* GRAV2DC bisa diterima adalah  $< 3\%$  untuk  $slope < 1/5$  (Adams and Hinze, vol. 3, SEG Geotech. & Environ. Gphy., p.99, lihat <http://www.gcn.ou.edu>, 2002).



## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa

##### 4.1.1. Analisa Data

##### 4.1.1.1. Analisa Anomali Bouguer

Anomali gayaberat negatif sepanjang hampir 600 km di Indonesia telah ditunjukkan oleh Venning Meinez pada 1934 dalam skala 1:10.000.000 (*Gravity Expeditions at sea II Netn Geol Common Delft*). Pemetaan gayaberat bersistem yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG) sejak 1965, baik di Jawa – Madura dengan skala 1:100.000 maupun di luar Jawa – Madura dengan skala 1:250.000, telah menambah lebih banyak data gayaberat untuk menyusun Peta Anomali Bouguer Indonesia dengan skala 1:5.000.000 yang baru (Sobari dkk, 1993).

Dalam Peta Anomali Bouguer yang baru, (Sobari dkk, 1993) memperlihatkan adanya anomali negatif memanjang bernilai antara 100-300 mGal membentang di lepas pantai barat Sumatra, selatan Jawa dan menghilang di sekitar Pulau Sumba. Anomali ini kemudian muncul lagi dari Pulau Timor, menerus ke sebelah timur Kepulauan Tanimbar, membelok ke arah utara Pulau Seram, Pulau Buru, Pulau Obi, Kepulauan Banggai – Sula, dan selanjutnya membelok ke selatan



berakhir di bagian tenggara Pulau Sulawesi. Pola seperti ini menunjukkan adanya lajur tektonik besar di sepanjang pulau-pulau itu.

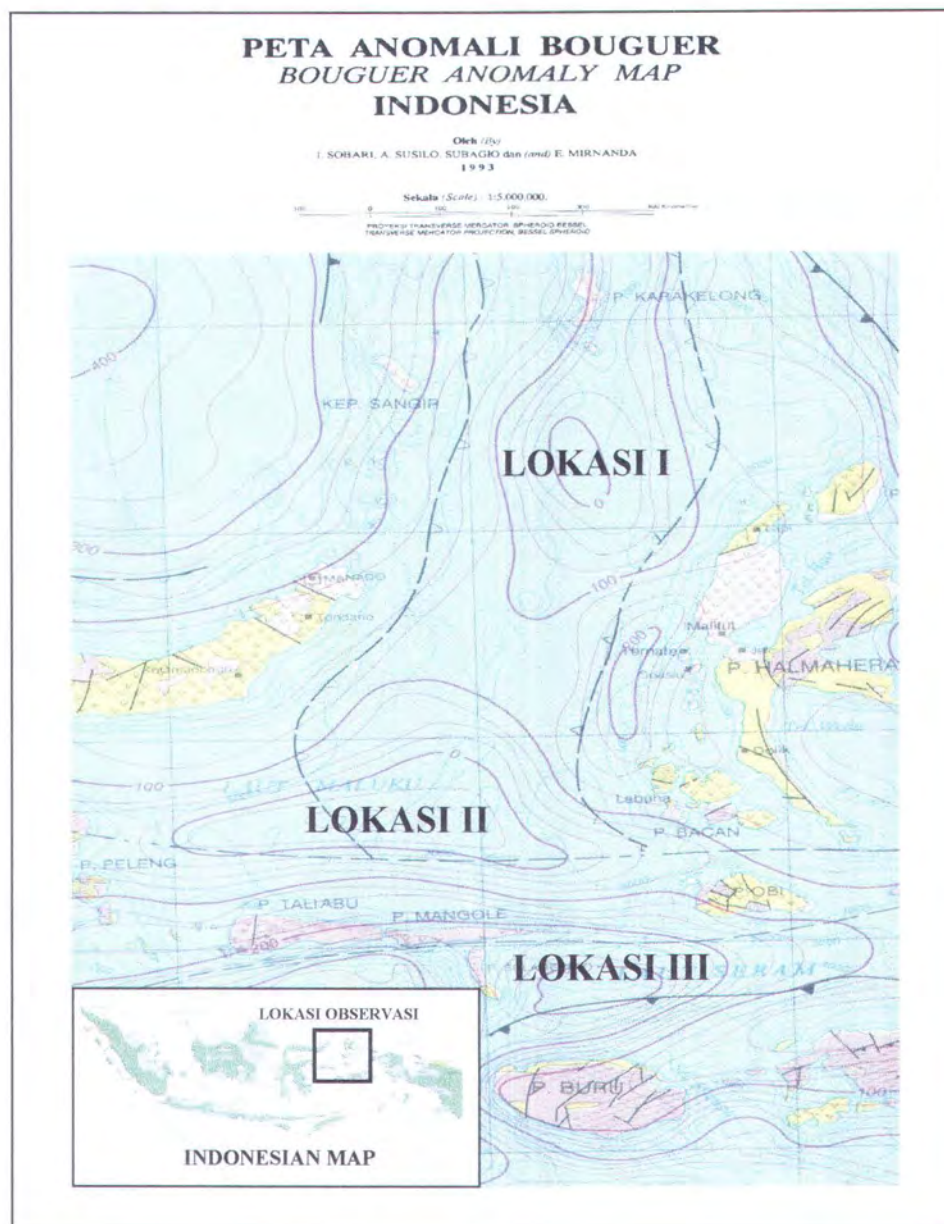
Anomali negatif rendah yang mencapai nilai 0 mGal berarah utara-selatan di sekitar Laut Maluku, berimpit dengan kegempaan tinggi. Ini menggambarkan adanya daerah pemampatan yang tertutup oleh massa tebal dari batuan campur aduk. Beberapa anomali tinggi membulat yang mencapai 350 mGal di Laut Banda ditafsirkan sebagai fragmen dari kerak samudera. Anomali yang merendah hingga 25 mGal di utara Kepulauan Banggai – Sula dan hingga 0 mGal di barat Laut Seram, diperkirakan sebagai fragmen kerak benua (Sobari dkk, 1993)

Anomali gayaberat Laut Maluku dan Laut Seram diambil dari peta anomali Bouguer Indonesia. Anomali Bouguer dihitung dengan menggunakan rumus gayaberat normal GRS 1967 dari IGA (*International Geophysics Association*) dan menggunakan densitas batuan  $2,67 \text{ ton/m}^3$  sebagai asumsi densitas rata-rata batuan.

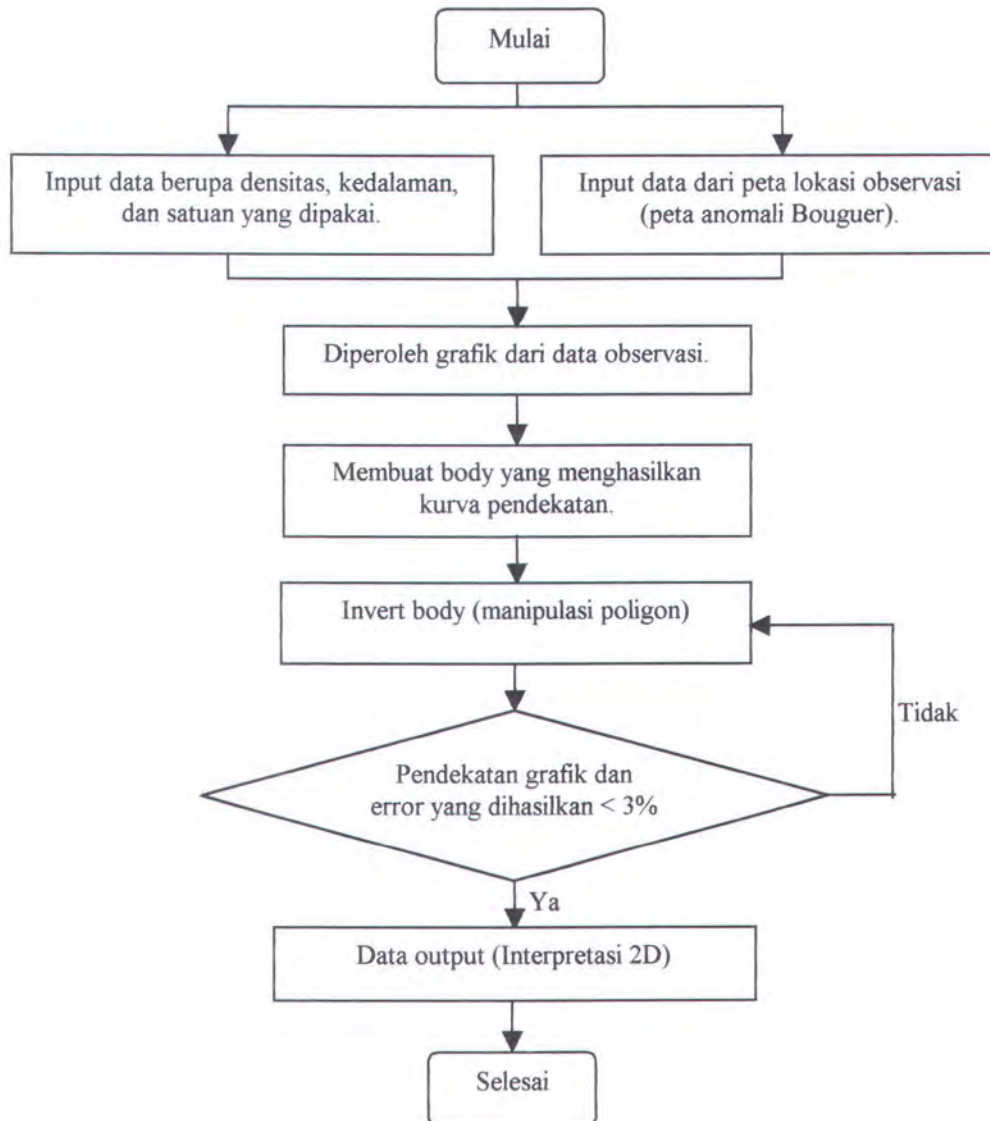
Anomali Laut Maluku dan Laut Seram mempunyai pola kontur dengan bulatan kecil bernilai antara 0-300 mGal yang merupakan anomali negatif rendah yang ditafsirkan sebagai daerah pemampatan yang tertutup oleh massa tebal dari batuan campur aduk (HAGI, 1998).



Kontur anomali ini tidak menunjukkan korelasi dengan topografi Laut Maluku dan Laut Seram. Topografi dari daerah yang di survei berpengaruh pada harga gayaberat yang disebabkan adanya pengaruh massa tanah yang berbentuk bukit, lembah atau sejenisnya. Pada pengamatan koreksi gayaberat, koreksi topografi harus ditambahkan pada harga gayaberat sebenarnya, baik lembah maupun bukit.



Gambar 4.1. Peta anomali Bouguer daerah observasi Laut Maluku dan Laut Seram (Sobari dkk, 1993).

**c. Flow Chart Interpretasi Dua Dimensi Software GRAV2DC**

Gambar 3.20. Diagram alir (flow chart) interpretasi dua dimensi software GRAV2DC.

**3.2.8.2. Interpretasi Tiga Dimensi AutoCAD 2000 dan Winsurf**

Setelah didapatkan model dua dimensi dari interpretasi data pada software GRAV2DC, kemudian di konfersikan ke software AutoCAD 2000 dengan file DXF melalui menu plot model untuk digabungkan



dengan satu titik pusat perpotongan. Pemodelan tiga dimensi dilakukan juga dengan *software* Winsurf, yaitu untuk mendapatkan pemodelan tiga dimensi bentuk topografi dari kontur anomali.

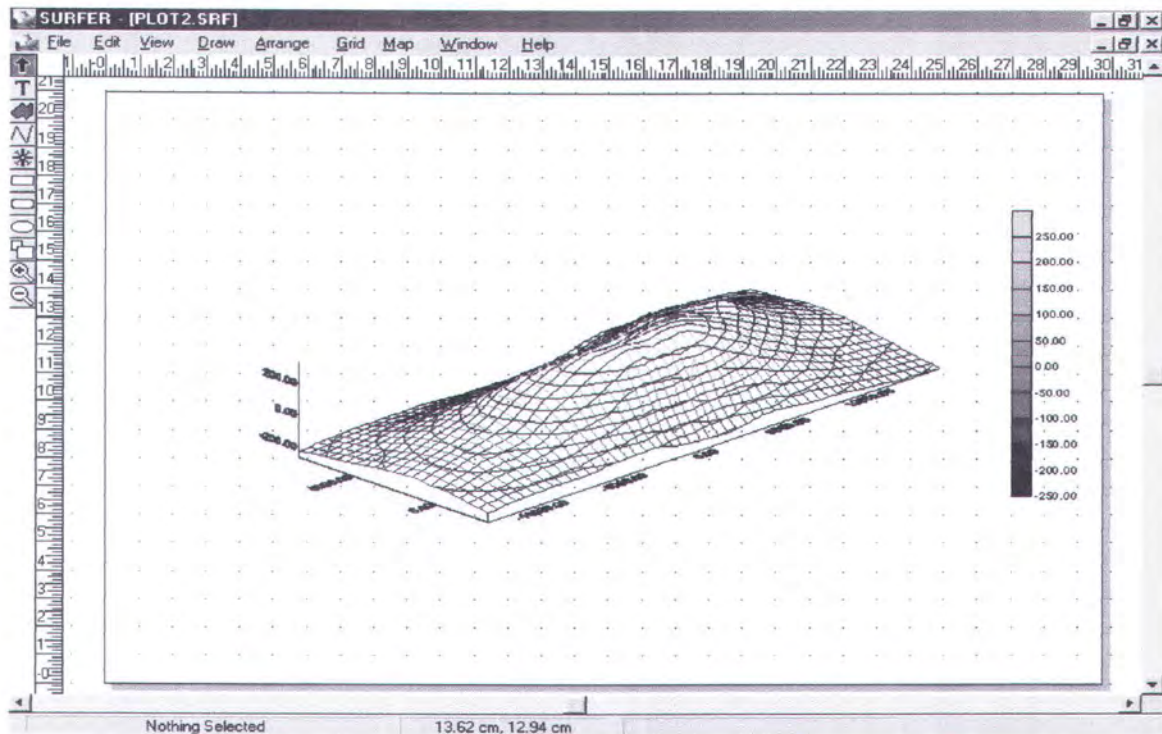
#### a. Proses Input Data

Pada pemodelan tiga dimensi dengan *software* AutoCAD 2000 *input* data yang diperlukan adalah data *output* plot model dalam bentuk *file* DXF dari *software* GRAV2DC dan sudut kemiringan potongan kontur anomali. Untuk mencari titik pusat penggabungan dari potongan-potongan kontur anomali adalah dengan menyesuaikan skala di *file* DXF dari GRAV2DC dengan skala pada peta anomali Bouguer.

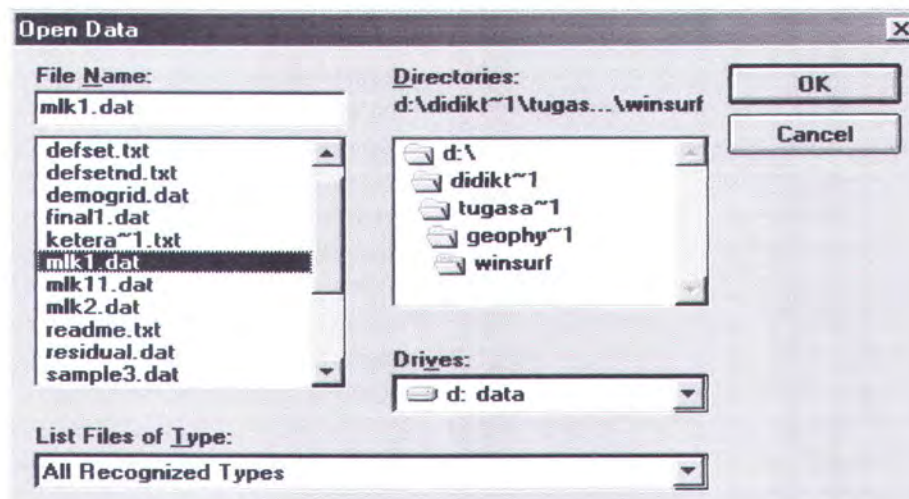
Sedangkan *input* data yang diperlukan dalam pemodelan tiga dimensi dengan *software* Winsurf (*Gambar 3.21.*) adalah data dari peta anomali Bouguer untuk nilai koordinat kartesius (x, y) titik-titik garis potongan dengan kontur anomali dan besar nilai anomali gravitasi. *Input* data pemodelan tiga dimensi *software* Winsurf lihat *Lampiran D*. Data dari peta tersebut kemudian dimasukkan dalam lembar kerja (*worksheet*) di Winsurf dan disimpan dalam ekstension *dat*. Setelah itu *worksheet* ditutup dan *file* “dipanggil” melalui menu *Grid* dan dipilih *Data* (*Gambar 3.22.*). Untuk mendapatkan pemodelannya, *file* “dipanggil” melalui menu *Map* dan dipilih *Surface* (*Gambar 3.23.*). *File* dalam menu *Surface* sudah dalam

bentuk ekstension *grd* setelah sebelumnya dibuka pada menu *Grid*.

Setelah itu baru didapatkan bentuk pemodelan tiga dimensinya.

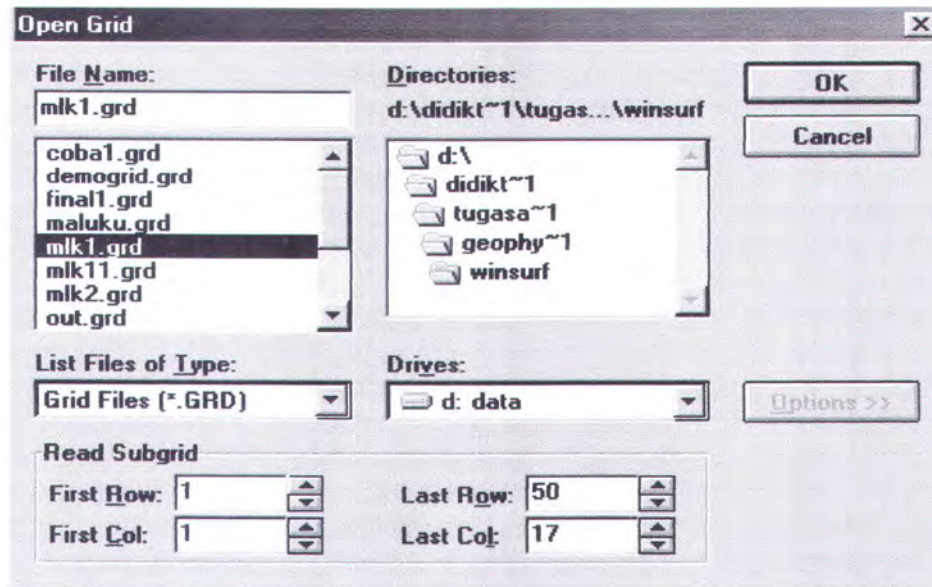


Gambar 3.21. Layar pemodelan software Winsurf.



Gambar 3.22. Memanggil file melalui menu *Grid* dalam ekstension *dat*.



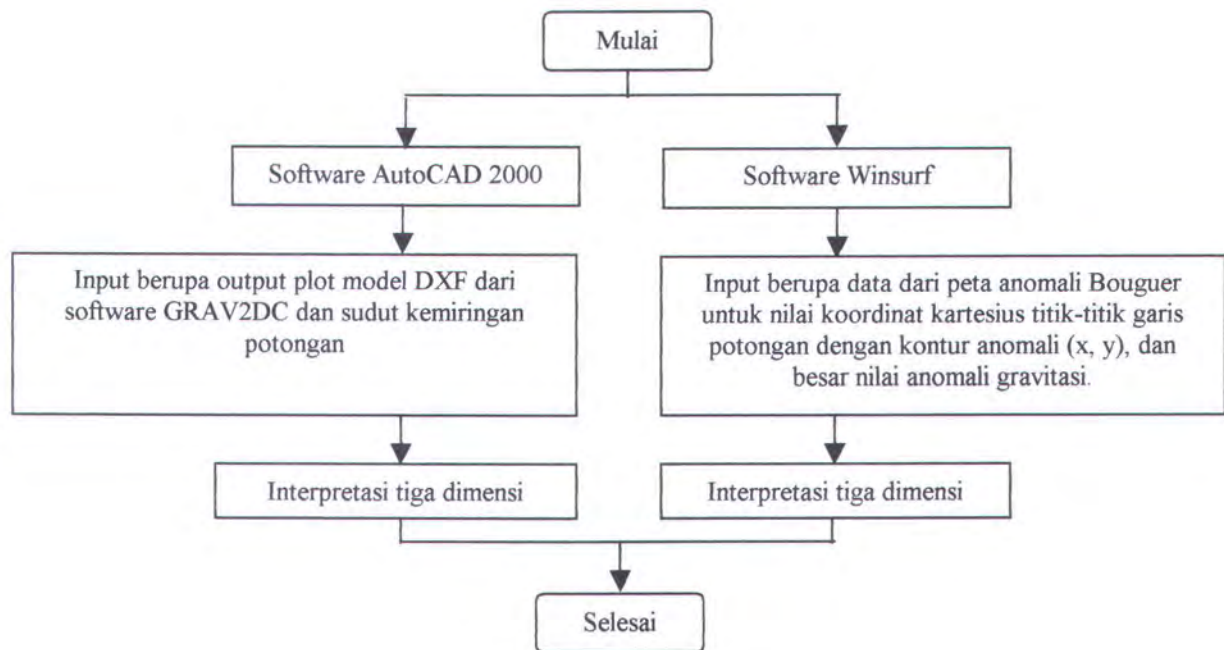


Gambar 3.23. Memanggil file melalui menu Map dalam ekstension  
*grd.*

#### b. Output Data

Pada pemodelan tiga dimensi dengan AutoCAD 2000 didapatkan *output* berupa model tiga dimensi yang kita interpretasikan. Sedangkan pada pemodelan dengan Winsurf didapatkan *output* berupa *volume computations* dan *residuals anomaly* (Lampiran E). *Output volume computations* ini didapatkan melalui menu *Grid* dan dipilih *Volume*. Sedangkan *output residuals anomaly* didapatkan dari menu *Grid* dan dipilih *Residuals*.

**c. Flow Chart Interpretasi Tiga Dimensi Software AutoCAD 2000 dan Winsurf**



*Gambar 3.24. Diagram alir (flow chart) proses interpretasi tiga dimensi dari software AutoCAD 2000 dan Winsurf.*

**3.2.9. Interpretasi dengan Perhitungan Manual Pengaruh Gayaberat Bola dan Silinder Horisontal Metode Talwani**

Setelah didapatkan *output* dua dimensi dari GRAV2DC, kemudian dilakukan interpretasi dengan perhitungan manual menggunakan Metode Talwani untuk pengaruh gayaberat bola dan silinder horisontal. Hasil dari interpretasi ini kemudian dibandingkan dengan hasil interpretasi dari GRAV2DC.





### **3.2.10. Pembahasan**

Hasil dari interpretasi anomali medan gravitasi (dua dimensi dan tiga dimensi), dan interpretasi dengan perhitungan pengaruh gayabarat bola dan silinder horisontal Metode Talwani kemudian dibahas untuk mengetahui hasil dari interpretasi tersebut apakah sesuai dengan metode yang digunakan dalam studi atau dengan ide-ide peneliti.

### **3.2.11. Kesimpulan dan Saran**

Setelah hasil interpretasi anomali medan gravitasi yang telah dilakukan dibahas dan dianalisa, kemudian dapat diambil beberapa kesimpulan yang merupakan bagian akhir dari analisa ini. Juga saran-saran yang berkaitan dengan interpretasi anomali medan gravitasi yang telah dilakukan.





## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

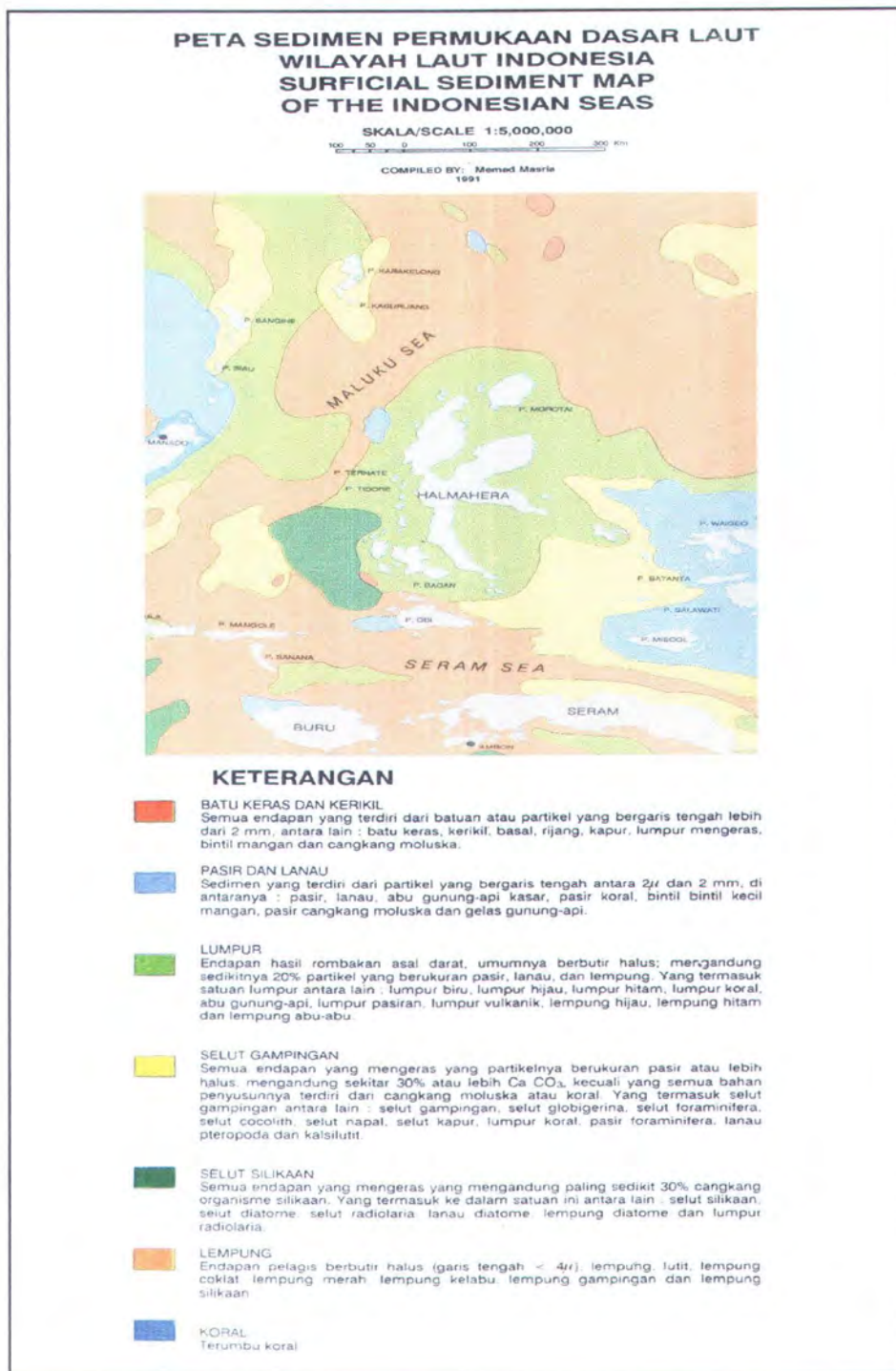
بسم الله الرحمن الرحيم

*Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya. Sesungguhnya pendengaran, penglihatan, dan hati semuanya itu akan diminta pertanggung jawaban. (Q.S. Al-Isra':36).*



#### 4.1.1.2. Analisa Sedimen Permukaan Dasar Laut

Topografi permukaan dasar Laut Maluku dan Laut Seram merupakan cekungan dasar laut yang memiliki kedalaman laut mencapai 200 meter.



Gambar 4.2. Peta sedimen permukaan dasar daerah observasi Laut  
Maluku dan Laut Seram (Masria, 1991).



Peta sedimen permukaan dasar laut wilayah laut Indonesia (*surficial sediment map of the Indonesia seas*) (Gambar 4.2.) memperlihatkan sebaran sedimen permukaan dasar Laut Maluku dan Laut Seram yang sebagian besar berupa sedimentasi batuan keras dan kerikil yang merupakan batuan endapan yang terdiri dari batuan atau partikel yang bergaris tengah lebih dari 2 mm, antara lain: batu keras, kerikil, basal, rijang, kapur, lumpur mengeras, bintil mangan, dan cangkang moluska.

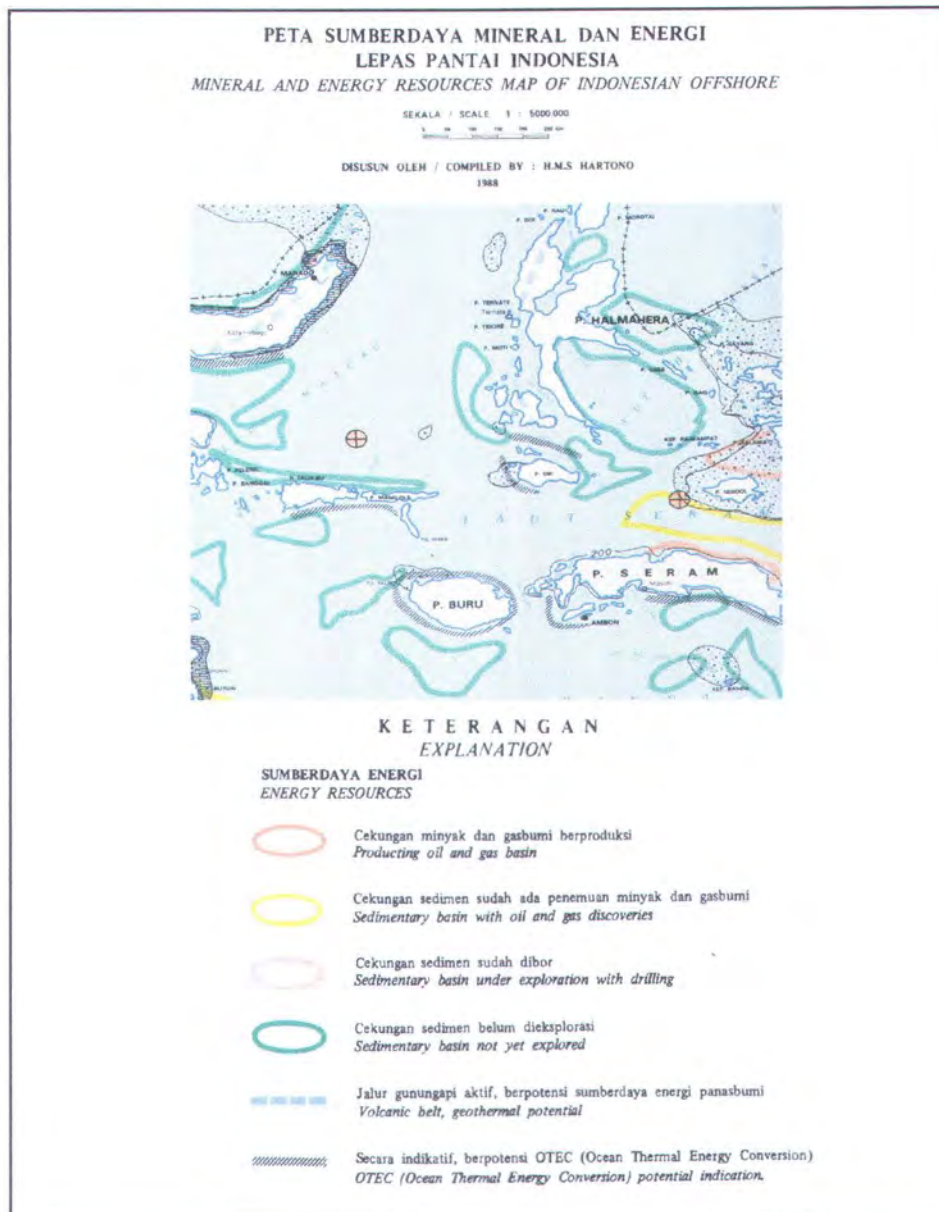
Lumpur merupakan endapan hasil rombakan asal darat, umumnya berbutir halus yang mengandung sedikitnya 20% partikel yang berukuran pasir, lanau, dan lempung. Yang termasuk satuan lumpur, antara lain: lumpur biru, lumpur hijau, lumpur hitam, lumpur koral, abu gunung api, lumpur pasiran, lumpur vulkanik, lempung hijau, lempung hitam, dan lempung abu-abu.

Selut gampingan merupakan endapan yang mengeras yang partikelnya berukuran pasir atau lebih halus, mengandung sekitar 30% atau lebih  $\text{CaCO}_3$ , kecuali yang semua bahan penyusunnya terdiri dari cangkang moluska atau koral. Yang termasuk selut gampingan antara lain: selut gampingan, selut globirena, selut foraminifera, selut cocolith, selut napal, lumpur koral, pasir foraminifera, lanau pteropoda, dan kalsilutit.



#### 4.1.1.3. Analisa Sumber Daya Mineral dan Energi

Peta sumber energi dan mineral (Gambar 4.3.) garis warna hijau menunjukkan cekungan sedimen yang mengandung minyak dan gas bumi tetapi belum di eksplorasi. Di sebelah timur Laut Seram yang ditunjukkan dengan garis warna kuning menunjukkan cekungan sedimen yang sudah ada penemuan minyak dan gas bumi.



Gambar 4.3. Peta sumber energi dan mineral daerah observasi Laut Maluku dan Laut Seram (Hartono, 1988).



#### 4.1.1.4. Analisa Geologi

Secara geologi permukaan bumi dapat dibedakan antara perisai dan cekungan sedimen. Perisai biasanya terdiri dari batuan beku dan metamorf dan pada umumnya berumur pra-kambrium, dimana disini tidak didapatkan adanya minyak dan gas bumi. Di antara semua perisai tersebut didapatkan apa yang dinamakan cekungan sedimen yang mengandung minyak dan gas bumi.

Penyebaran minyak bumi di kontrol oleh keadaan geologi, yaitu minyak bumi hanya terdapat dalam batuan sedimen dan terutama di dalam cekungan sedimen (Koesoemadinata, 1996). Dari berbagai macam cekungan sedimen tidak semuanya menghasilkan minyak bumi dalam jumlah yang sama, beberapa jenis cekungan menghasilkan lebih banyak minyak bumi dari jenis lainnya. Jelas minyak bumi tidak didapatkan dalam batuan beku dan metamorf yang merupakan inti dari perisai benua. Seandainya didapatkan juga hanyalah dalam jumlah kecil saja dan disebabkan karena kebetulan masuk dalam reservoir batuan beku dan metamorf yang langsung berhubungan dengan batuan sedimen di dekatnya.

Di dalam peta cekungan minyak dan gas bumi Indonesia (*Lampiran F*) untuk Laut Maluku dan Laut Seram ditunjukkan adanya cekungan minyak yang potensial dan belum dibor.





Minyak bumi terdapat pada kedalaman antara 0,1 – 7,0 km, terutama antara 1,5 – 3,0 km (Koesoemadinata, 1996). Namun hal ini mungkin disebabkan karena pemboran dalam belum cukup banyak dilakukan karena biaya dan teknologi pemboran yang terlalu tinggi.

Di bawah dasar laut minyak bumi didapatkan terutama di bawah landasan kontinen. Mengenai apakah minyak bumi terdapat pada perairan dengan kedalaman lebih dari 200 meter, artinya pada dasar samudera dengan kedalaman lebih dari 200 meter masih diragukan, karena kebanyakan samudera didasari oleh batuan beku yang bersifat basalt dan tidak memungkinkan adanya minyak bumi (Koesoemadinata, 1996).

Pada peta tektonik dan jenis kerak bumi wilayah Indonesia (*Lampiran F*) ditunjukkan adanya struktur geologi kompleks peralihan (*transitional complex*) untuk daerah sekitar Laut Maluku dan Laut Seram. Di dalam peta batas kerak samudera dan batas kraton berdasarkan peta anomali Bouguer Indonesia skala 1:5.000.000 (*Lampiran F*), ditunjukkan adanya lajur transisi yang merupakan hasil penujaman dan benturan untuk daerah sekitar Laut Maluku dan Laut Seram (Sukanto dkk, 1995 lihat HAGI, 1998) telah membuat model struktur bawah permukaan dengan metode gayaberat yang memperlihatkan tebal kerak bumi di bawah Laut Maluku dan sekitarnya antara 15 – 30 km. Analisa geologi lain untuk lokasi observasi Laut Maluku dan Laut Seram (*Lampiran F*).



#### 4.1.2. Analisa Input Data

*Input* data yang diperlukan untuk proses interpretasi diambil dari peta anomali Bouguer yang berisi data tingkat gravitasi yang ditunjukkan pada bentuk kontur anomali dan nilainya, peta sedimen permukaan dasar laut yang berisi data struktur batuan penyusun dan topografi permukaan dasar Laut Maluku dan Laut Seram, peta sumber energi dan mineral yang berisi data perkiraan kandungan mineral hidrokarbon untuk Laut Maluku dan Laut Seram.

Analisa awal yang dilakukan adalah menentukan kontur anomali pada peta anomali Bouguer pada Laut Maluku dan Laut Seram. Dalam hal ini dipilih 3 (tiga) kontur anomali terbesar (*Gambar 4.1.*) yang terletak antara  $123^{\circ}$  BB -  $129^{\circ}$  BT dan  $6^{\circ}$  LU -  $4^{\circ}$  LS. Pemilihan ini dianggap telah mewakili kondisi fisik sifat geologi dasar laut pada Laut Maluku dan Laut Seram. Langkah berikutnya adalah memperbesar skala pengukuran pada ketiga kontur anomali (lokasi) yang dipilih yang selanjutnya akan menjadi *input* pada *software*.

1. Lokasi 1 adalah lokasi yang terletak di Laut Maluku, yaitu yang berada paling atas dari peta (*Gambar 4.1.*) yang mempunyai kontur yang bernilai antara 0 mGal – 100 mGal. Lokasi ini berada pada posisi antara  $126^{\circ}$  BB -  $128^{\circ}$  BT dan  $6^{\circ}$  LU -  $1^{\circ}$ LS. Pada lokasi ini kontur anomali dibagi menjadi 9 potongan yang mewakili.





2. Lokasi 2 adalah lokasi yang juga terletak di Laut Maluku yang berada tepat di sebelah utara Pulau Taliabu dan Pulau Mangole dan mempunyai kontur yang bernilai antara 0 mGal – 100 mGal. Lokasi ini berada pada posisi antara 123° BB - 128° BT dan 1° LU - 2° LS. Pada lokasi ini kontur juga dibagi menjadi 8 potongan yang mewakili.
3. Lokasi 3 adalah lokasi yang terletak di Laut Seram yang berada tepat di sebelah utara Pulau Buru dengan nilai kontur antara 100 mGal – 300 mGal. Lokasi ini berada pada posisi antara 126° BB - 129° BT dan 1° LU - 4° LS. Pada lokasi ini juga dibagi menjadi 6 potongan yang mewakili.

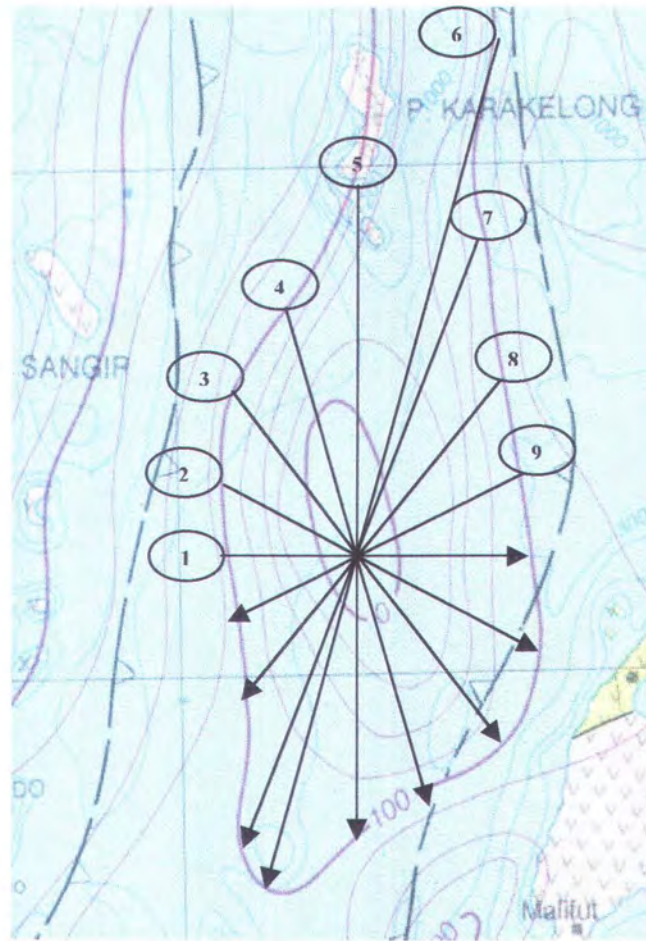
#### 4.1.3. Interpretasi Data

##### 4.1.3.1. Interpretasi Dua Dimensi

Setelah data-data potongan pada setiap lokasi didapatkan yang berupa koordinat posisi antara jarak dan harga anomali (*Lampiran A*) kemudian di-input-kan ke dalam *notepad*. Data-data tadi diinterpretasikan dalam program GRAV2DC dengan densitas  $-1,0 \text{ gr/cm}^3$  untuk Laut Maluku (anomali negatif) dan  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  untuk Laut Seram (anomali positif) dan kedalaman 3,0 km dari dasar laut (*sea bed*).

Dari hasil interpretasi diperoleh bentuk penampang kurva (*body*) dua dimensi, harga anomali hasil interpretasi, dan kedalaman bodi. *Output* data yang dihasilkan GRAV2DC untuk Laut Maluku I, Laut Maluku II, dan Laut Seram lihat *Lampiran B*.

#### 4.1.3.1.1. Interpretasi Lokasi 1 (Laut Maluku I)



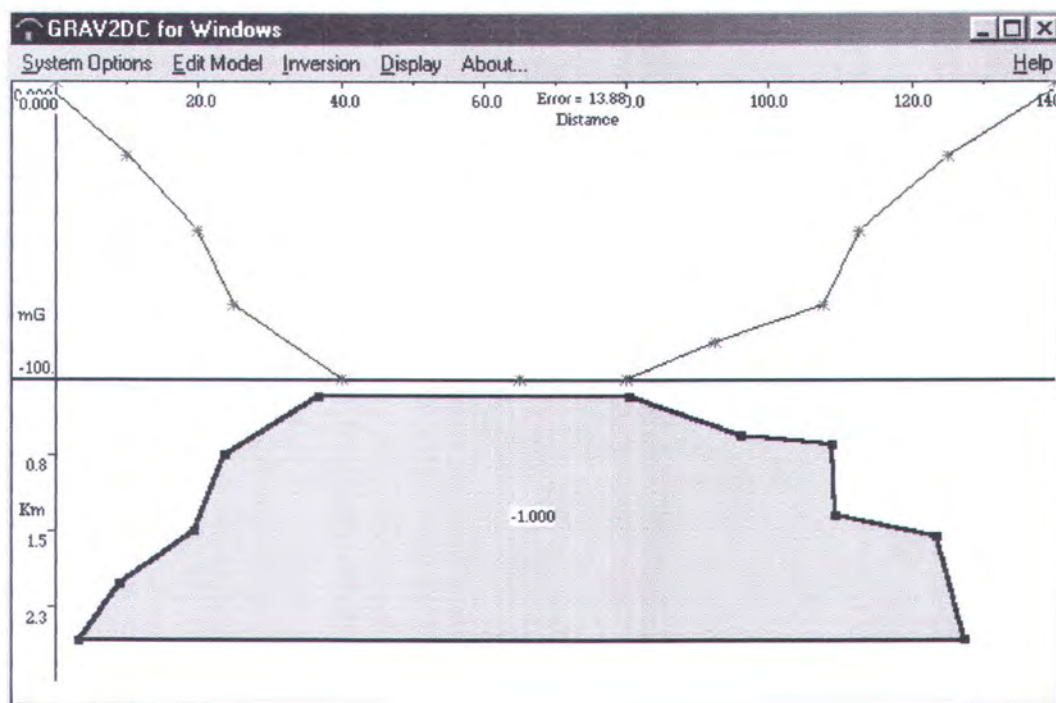
Gambar 4.4. Spesifikasi lokasi observasi 1 (Laut Maluku I).

Keterangan:

1. Daerah lokasi 1 terletak sekitar di Laut Maluku, mempunyai kontur yang bernilai antara 0 mGal – 100 mGal.
2. Lokasi ini berada pada posisi antara 126° BB - 128° BT dan 6° LU - 1°LS.
3. Lokasi dibagi menjadi 9 potongan yang mewakili.
4. Skala peta 1:5.000.000.

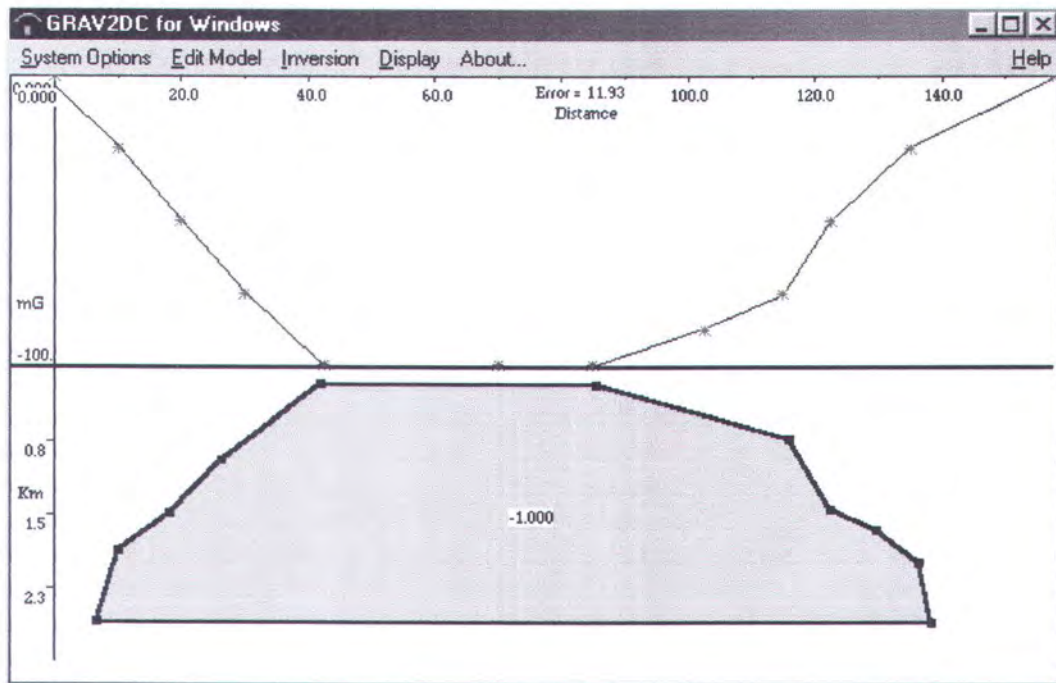


#### 4.1.3.1.1. Interpretasi Lokasi Laut Maluku I, Potongan 1, Arah $0^\circ$



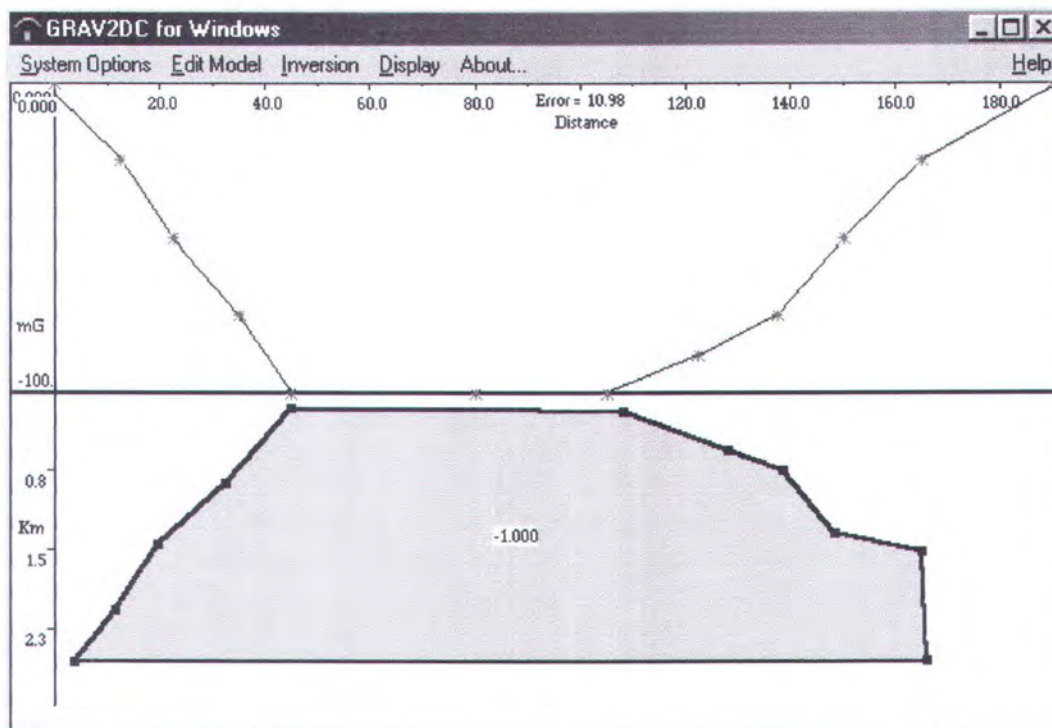
Gambar 4.5. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 1, arah  $0^\circ$ .

#### 4.1.3.1.2. Interpretasi Lokasi Laut Maluku I, Potongan 2, Arah $22,5^\circ$



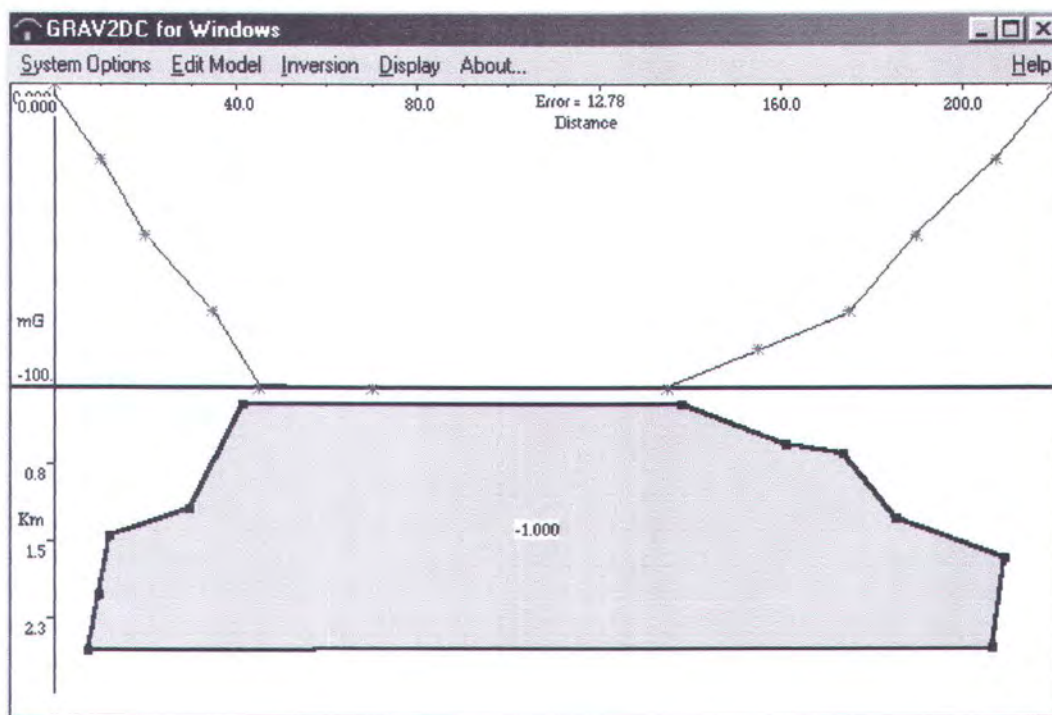
Gambar 4.6. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 2, arah  $22,5^\circ$ .

#### 4.1.3.1.1.3. Interpretasi Lokasi Laut Maluku I, Potongan 3, Arah 45°



Gambar 4.7. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 3, arah 45°.

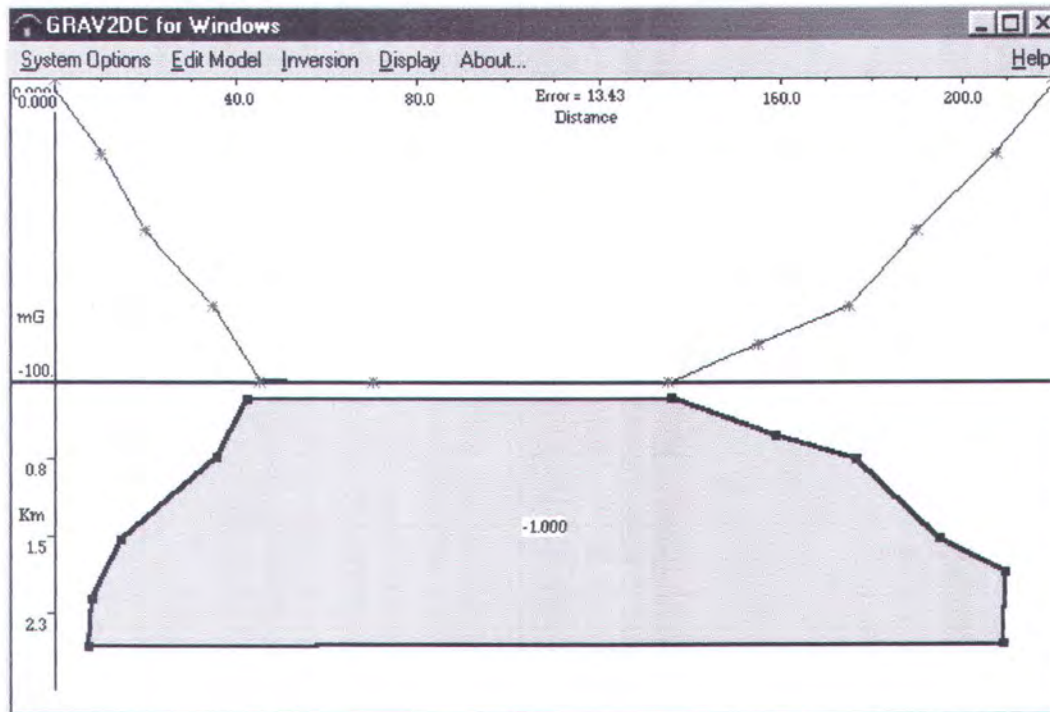
#### 4.1.3.1.1.4. Interpretasi Lokasi Laut Maluku I, Potongan 4, Arah 67,5°



Gambar 4.8. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 4, arah 67,5°.

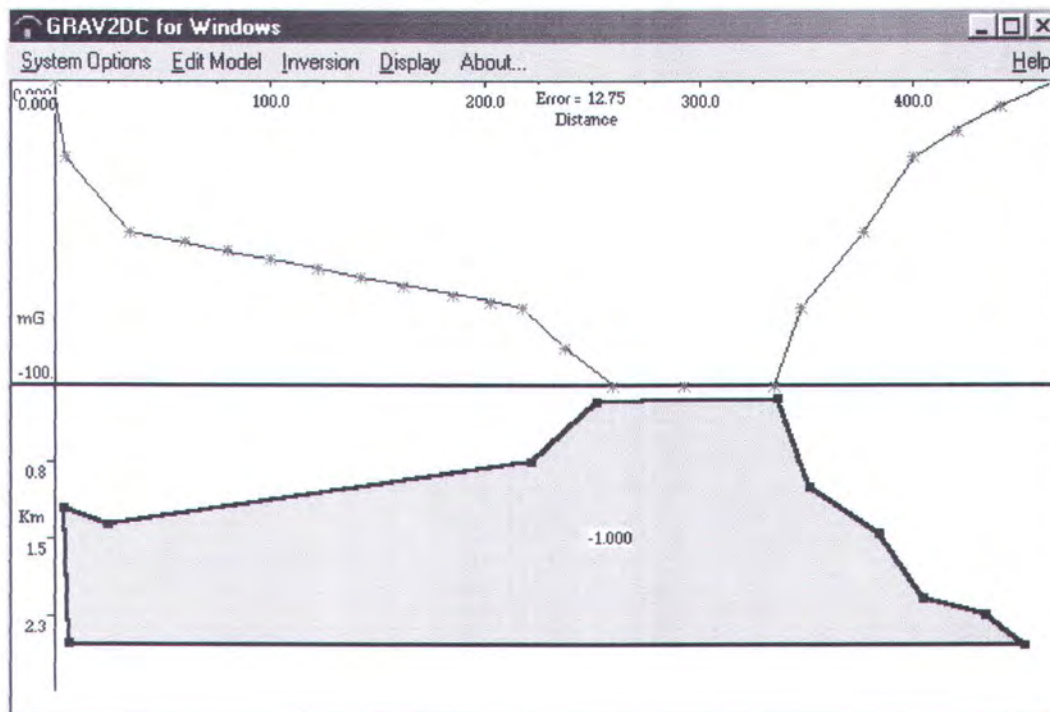


#### 4.1.3.1.1.5. Interpretasi Lokasi Laut Maluku I, Potongan 5, Arah 90°



Gambar 4.9. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 5, arah 90°

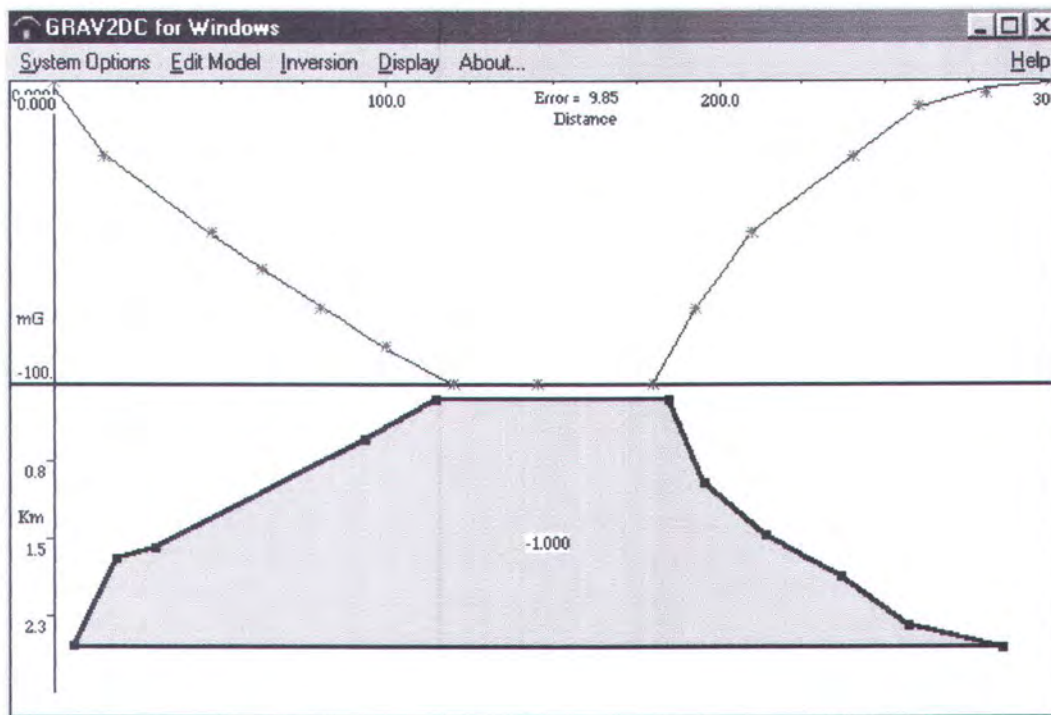
#### 4.1.3.1.1.6. Interpretasi Lokasi Laut Maluku I, Potongan 6, Arah 100°



Gambar 4.10. Bentuk perkiraan body dua dimensi potongan 6, arah 100°

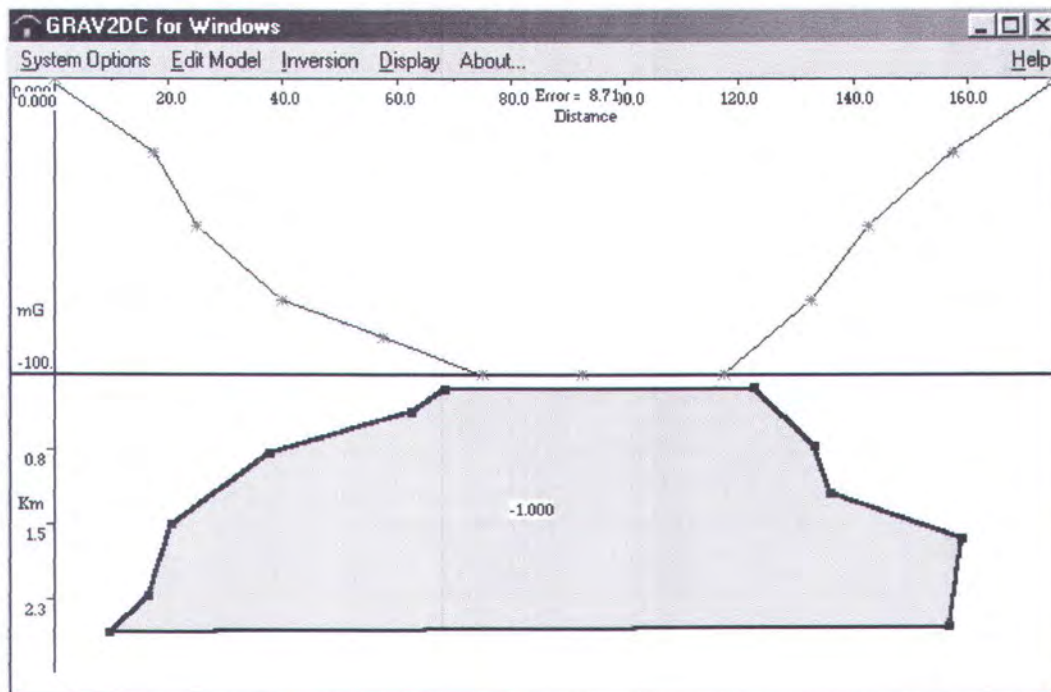


#### 4.1.3.1.1.7. Interpretasi Lokasi Laut Maluku I, Potongan 7, Arah 112,5°



Gambar 4.11. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 7, arah 112,5°

#### 4.1.3.1.1.8. Interpretasi Lokasi Laut Maluku I, Potongan 8, Arah 135°

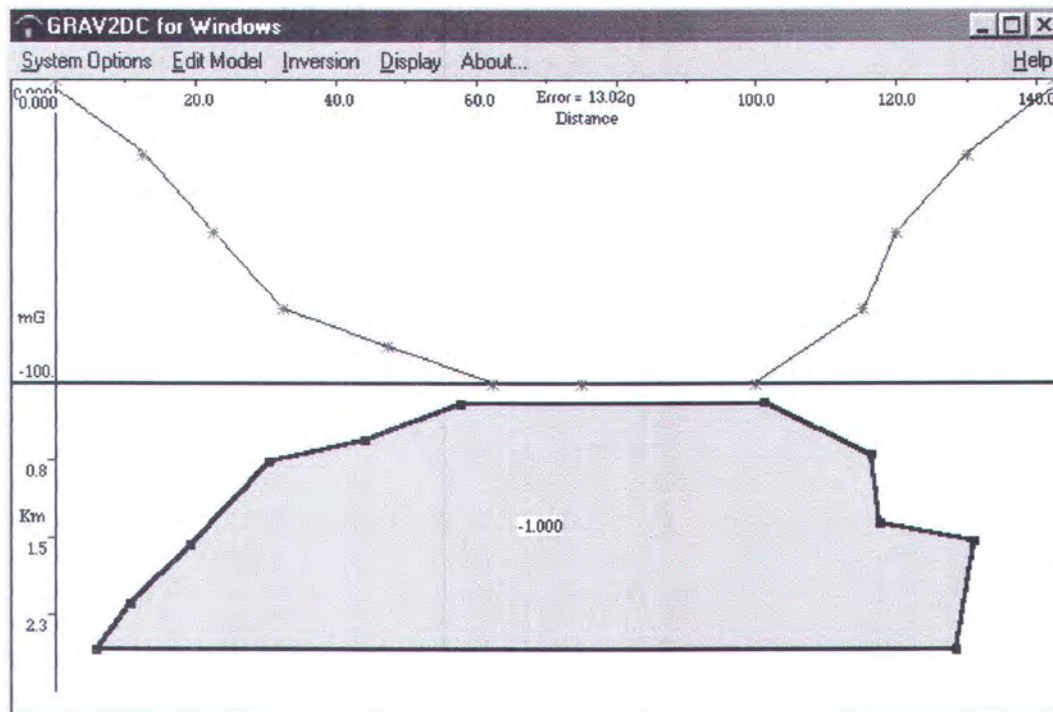


Gambar 4.12. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 8, arah 135°



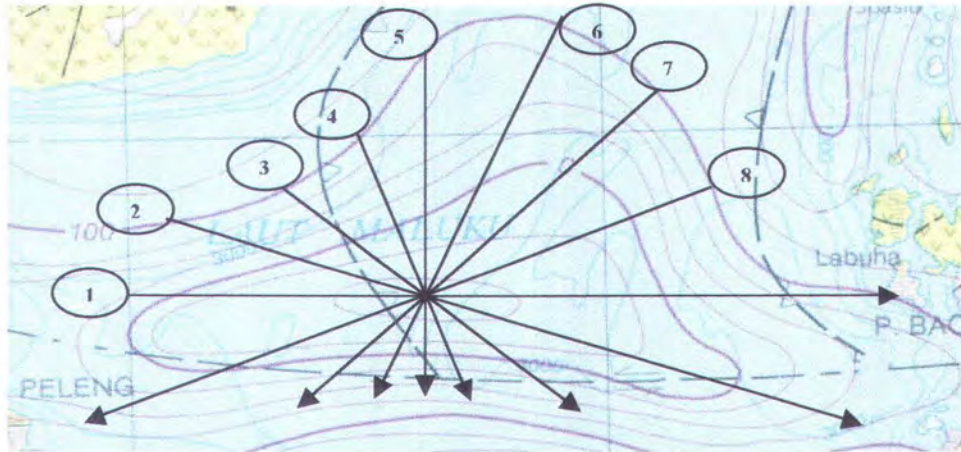


#### 4.1.3.1.1.9. Interpretasi Lokasi Laut Maluku I, Potongan 9, Arah 157,5°



Gambar 4.13. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 9, arah 157,5°

#### 4.1.3.1.2. Interpretasi Lokasi 2 (Laut Maluku II)



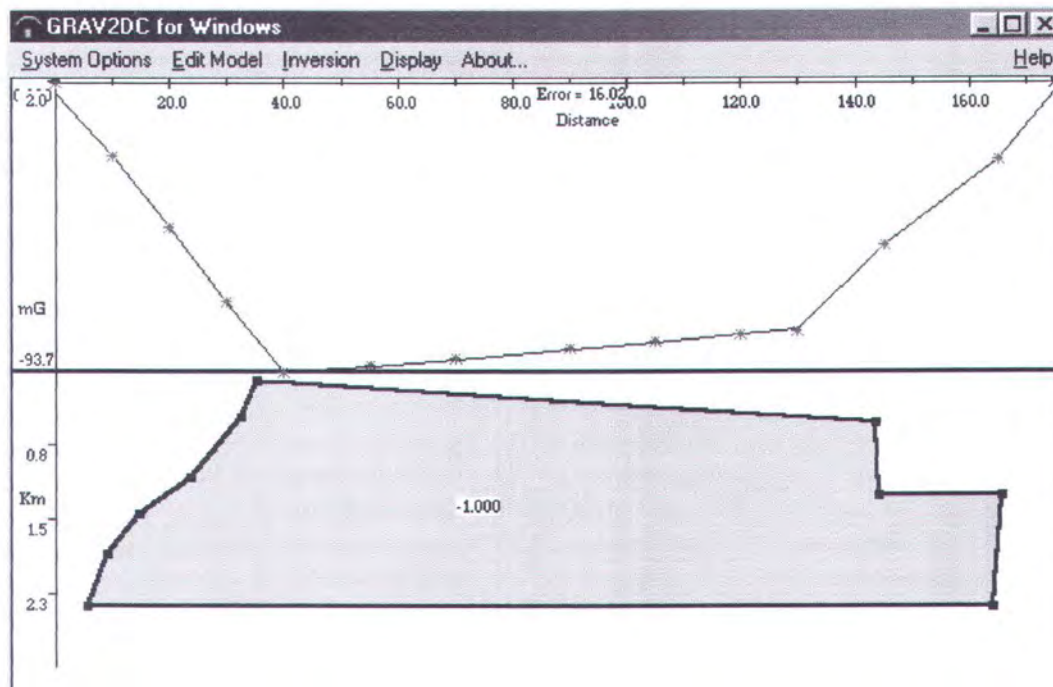
Gambar 4.14. Spesifikasi lokasi observasi 2 (Laut Maluku II).

Keterangan:

1. Daerah lokasi 2 terletak di Laut Maluku yang berada tepat di sebelah utara Pulau Taliabu dan Pulau Mangole dan mempunyai kontur yang bernilai antara 0 mGal – 100 mGal.
2. Lokasi ini berada pada posisi antara 123° BB - 128° BT dan 1° LU - 2° LS.
3. Lokasi kontur dibagi menjadi 8 potongan yang mewakili.
4. Skala peta 1:5.000.000.

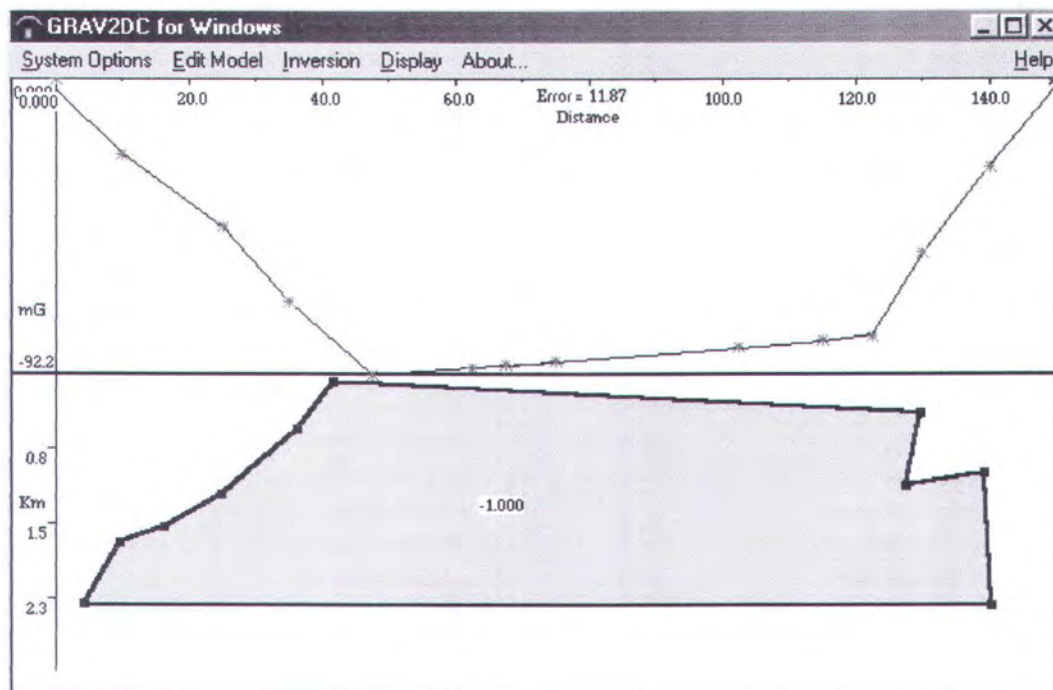


#### 4.1.3.1.2.3. Interpretasi Lokasi Laut Maluku II, Potongan 3, Arah 45°



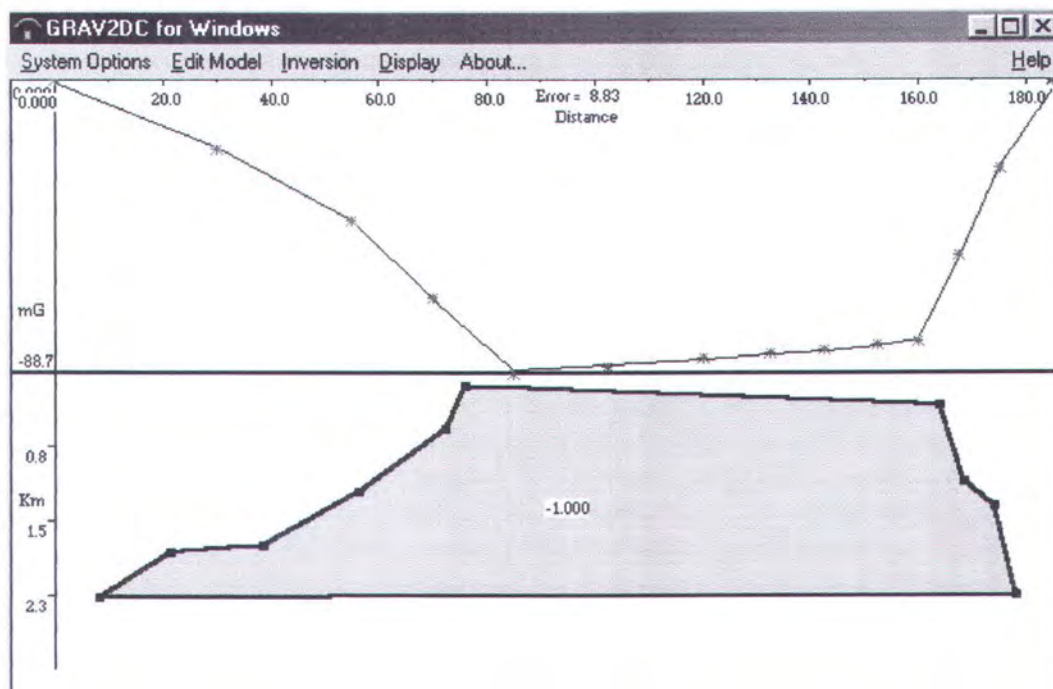
Gambar 4.17. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 3, arah 45°.

#### 4.1.3.1.2.4. Interpretasi Lokasi Laut Maluku II, Potongan 4, Arah 67,5°



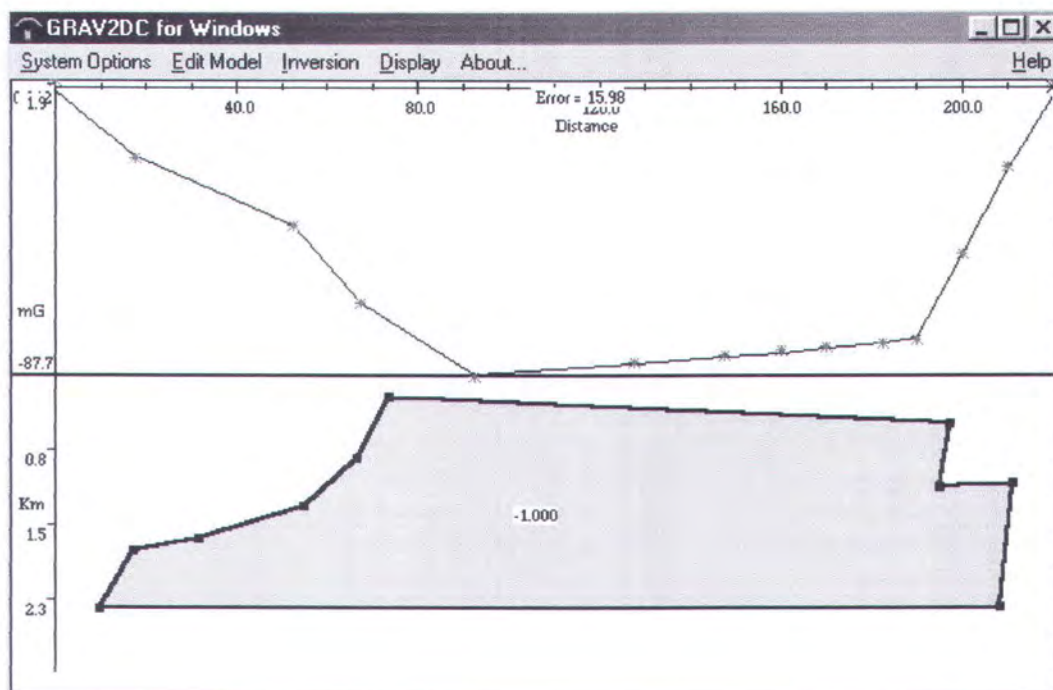
Gambar 4.18. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 4, arah 67,5°.

#### 4.1.3.1.2.5. Interpretasi Lokasi Laut Maluku II, Potongan 5, Arah 90°



Gambar 4.19. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 5, arah 90°.

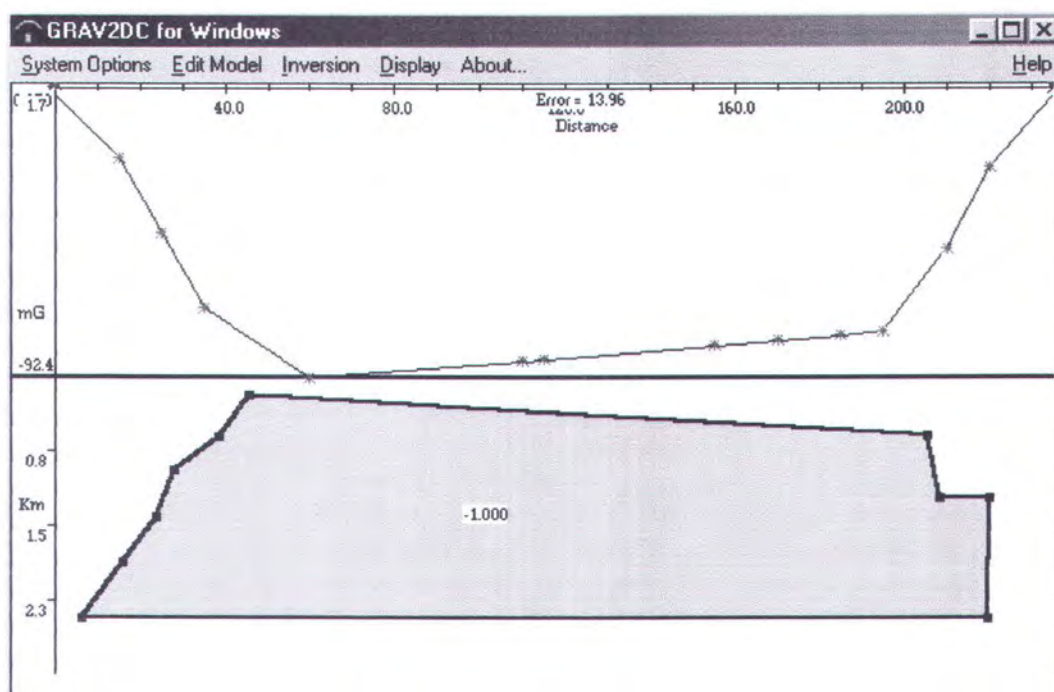
#### 4.1.3.1.2.6. Interpretasi Lokasi Laut Maluku II, Potongan 6, Arah 112,5°



Gambar 4.20. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 6, arah 112,5°.

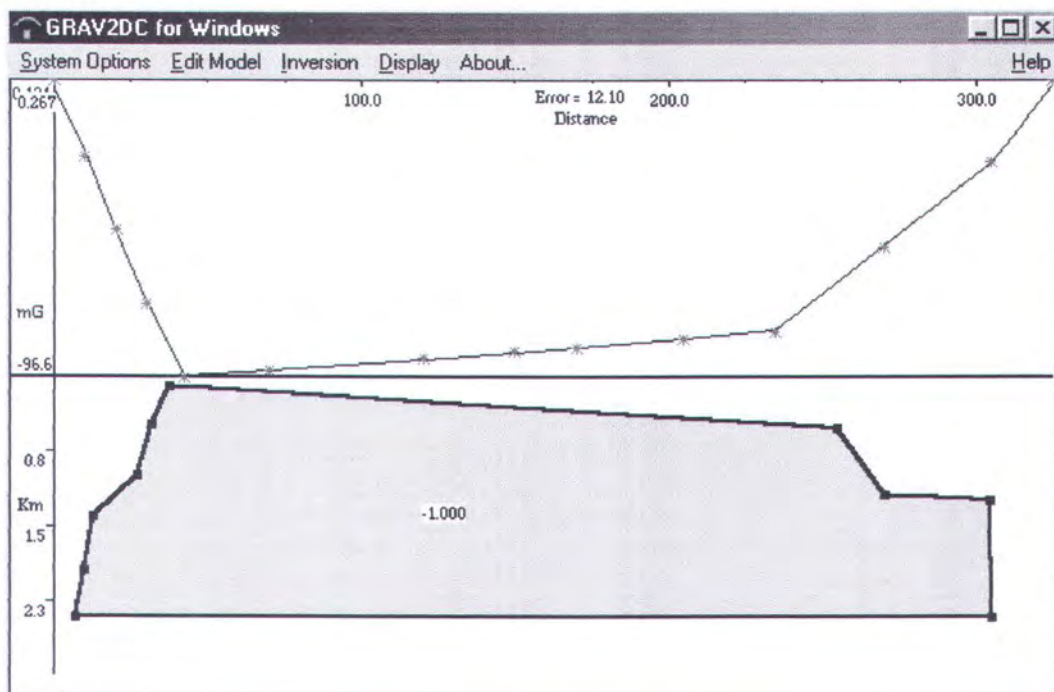


#### 4.1.3.1.2.7. Interpretasi Lokasi Laut Maluku II, Potongan 7, Arah 135°



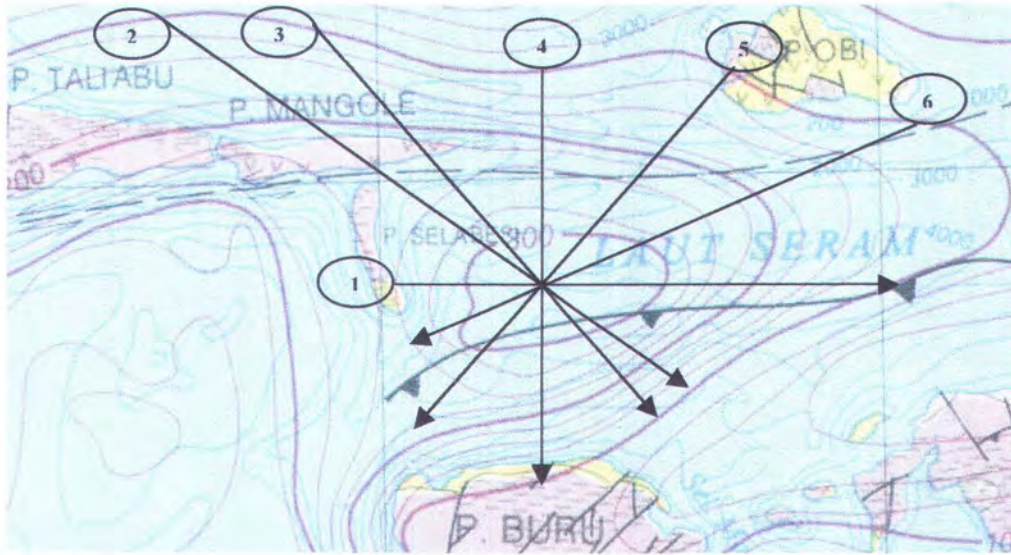
Gambar 4.21. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 7, arah 135°

#### 4.1.3.1.2.8. Interpretasi Lokasi Laut Maluku II, Potongan 8, Arah 157,5°



Gambar 4.22. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 8, arah 157,5°

#### 4.1.3.1.3. Interpretasi Lokasi 3 (Laut Seram)



Gambar 4.23. Spesifikasi lokasi observasi 3 (Laut Seram).

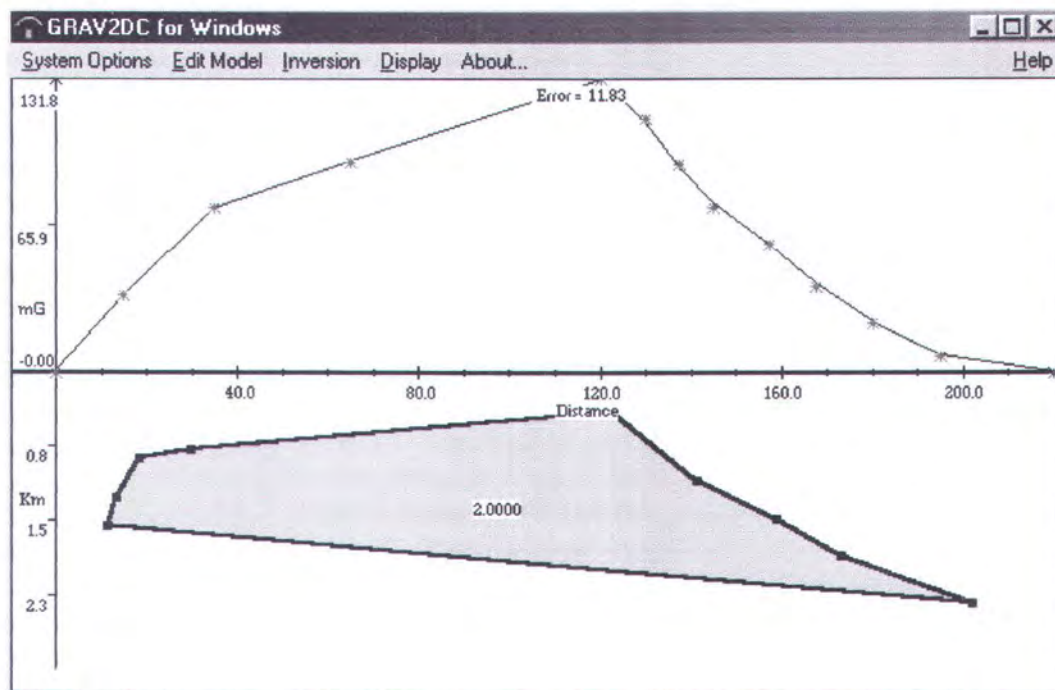
Keterangan:

1. Daerah lokasi 2 terletak di Laut Seram yang berada tepat di sebelah utara Pulau Buru dengan nilai kontur berkisar pada 100 mGal - 300 mGal.
2. Lokasi ini berada pada posisi antara  $126^{\circ}$  BB -  $129^{\circ}$  BT dan  $1^{\circ}$  LU -  $4^{\circ}$  LS.
3. Lokasi ini dibagi menjadi 6 potongan yang mewakili.
4. Skala peta 1:5.000.000.



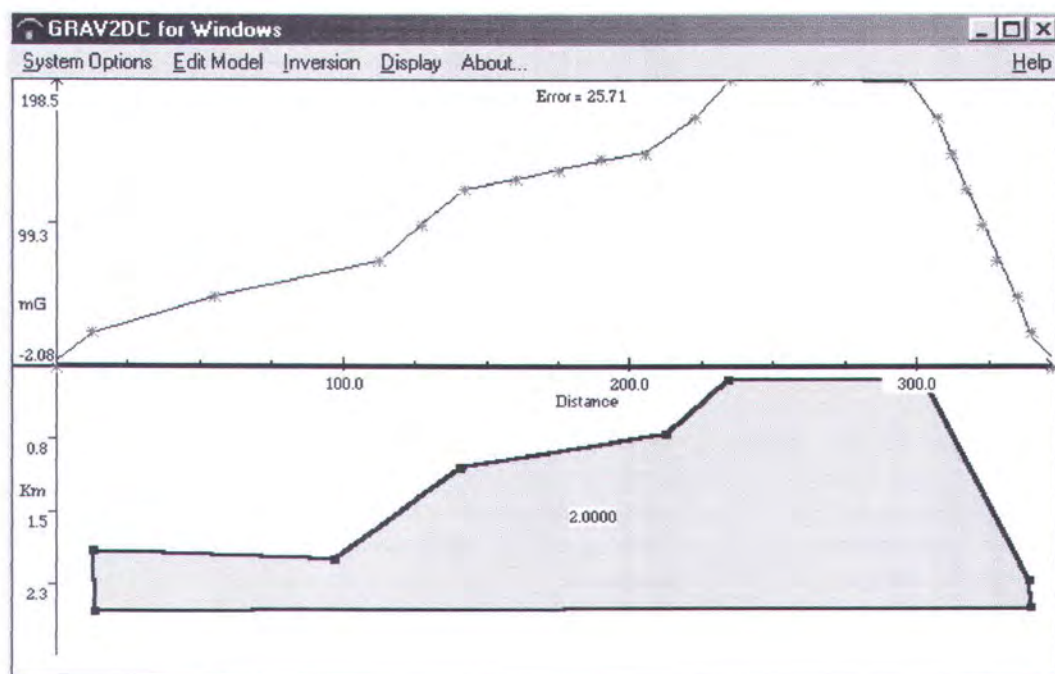


#### 4.1.3.1.3.1. Interpretasi Lokasi Laut Seram, Potongan 1, Arah 0°



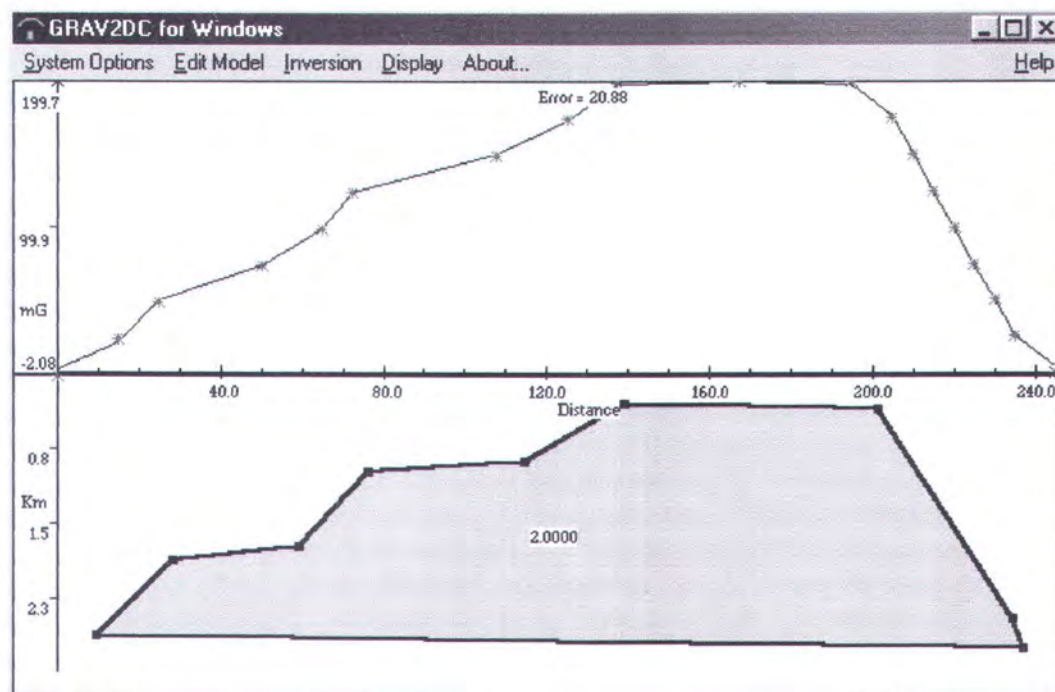
Gambar 4.24. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 1, arah 0°.

#### 4.1.3.1.3.2. Interpretasi Lokasi Laut Seram, Potongan 2, Arah 35°



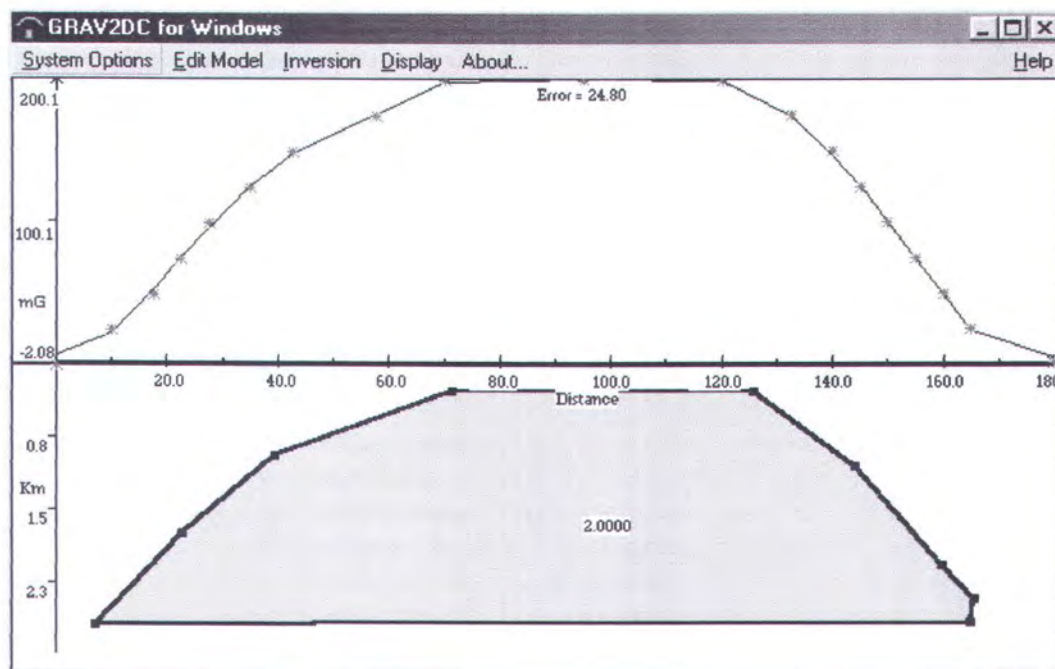
Gambar 4.25. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 2, arah 35°.

#### 4.1.3.1.3.3. Interpretasi Lokasi Laut Seram, Potongan 3, Arah 45°



Gambar 4.26. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 3, arah 45°.

#### 4.1.3.1.3.4. Interpretasi Lokasi Laut Seram, Potongan 4, Arah 90°

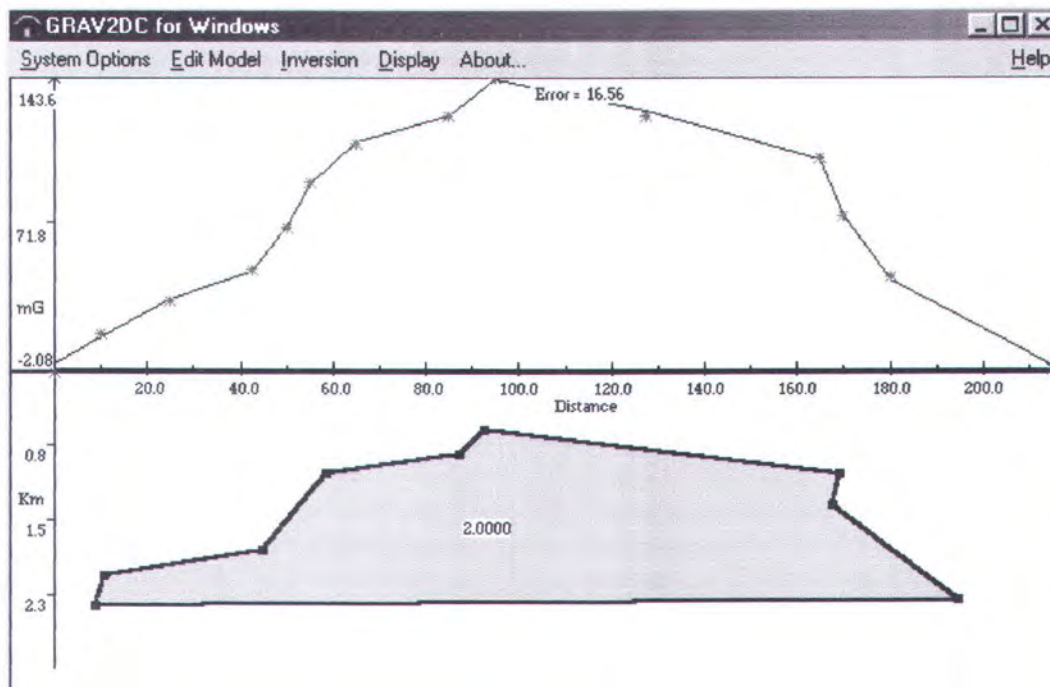


Gambar 4.27. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 4, arah 90°.



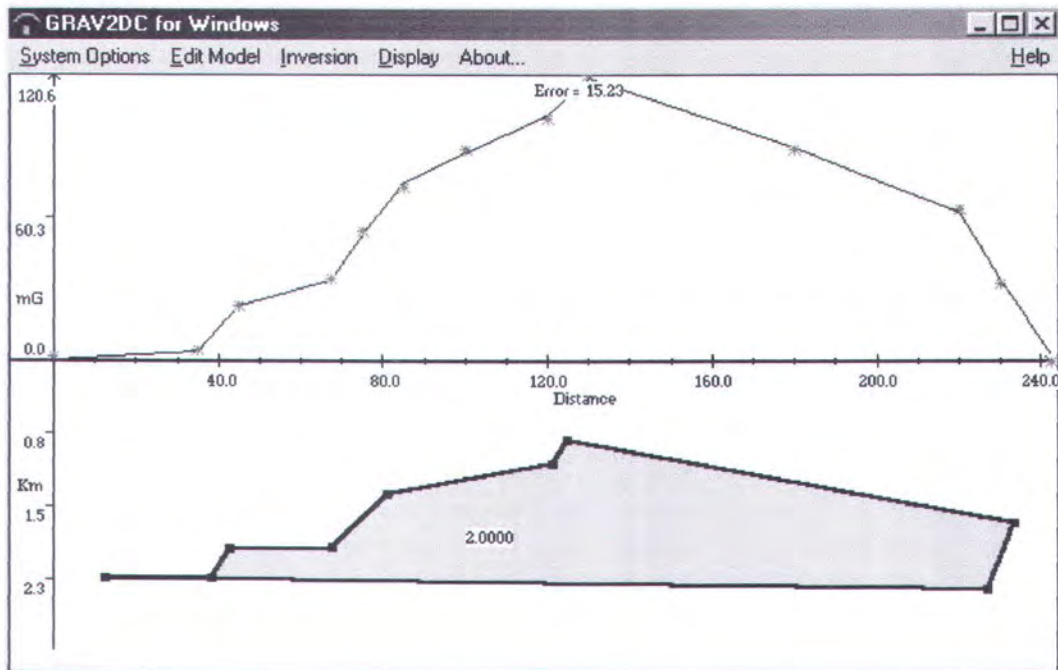


#### 4.1.3.1.3.5. Interpretasi Lokasi Laut Seram, Potongan 5, Arah 135°



Gambar 4.28. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 5, arah 135°.

#### 4.1.3.1.3.6. Interpretasi Lokasi Laut Seram, Potongan 6, Arah 157,5°



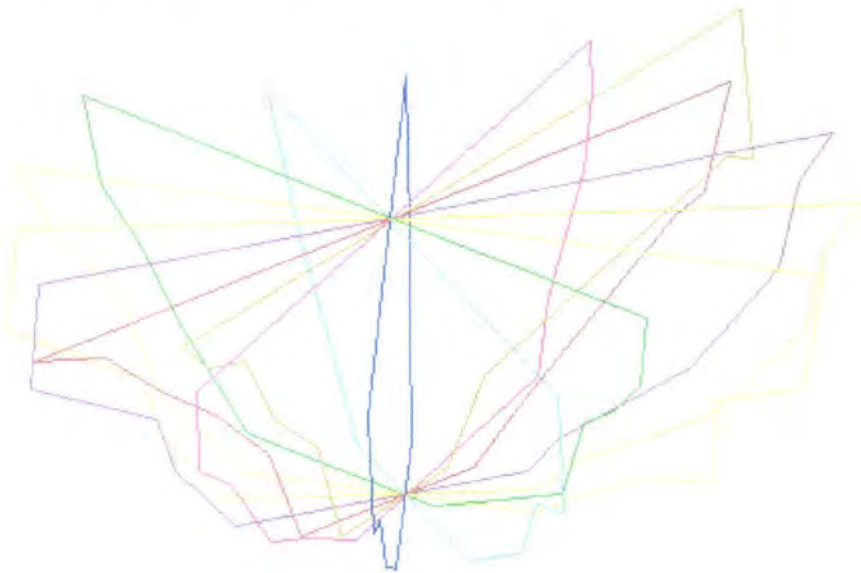
Gambar 4.29. Bentuk perkiraan body dua dimensi, potongan 6, arah 157,5°.

#### 4.1.3.2. Interpretasi Tiga Dimensi

##### 4.1.3.2.1. Pemodelan dengan AutoCAD 2000

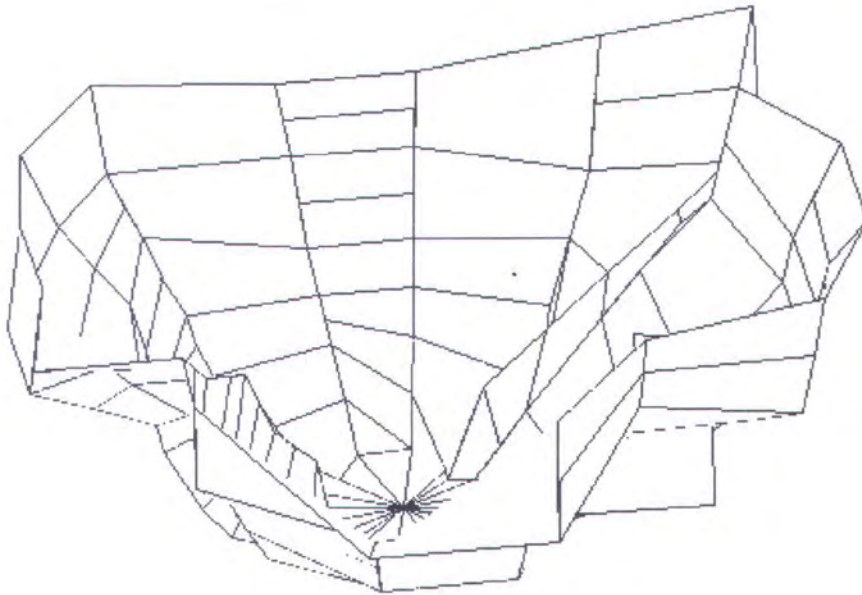
Dari hasil interpretasi bentuk penampang kurva dua dimensi pada tiap-tiap *body* untuk setiap lokasi kemudian digabungkan dengan menggunakan *software* AutoCAD 2000 dengan satu titik pusat perpotongan dan sesuai dengan sudut tarikan masing-masing *body*. Hasil dari penggabungan ini akan menampilkan bentuk tiga dimensi struktur rangka dan struktur solid. Hasil dari pemodelan lokasi observasi 1 dan 2 (Laut Maluku) adalah berupa cekungan (anomali negatif) sedangkan lokasi observasi 3 (Laut Seram) adalah berupa kubah (anomali positif).

##### 1. Lokasi observasi 1 (Laut Maluku I)

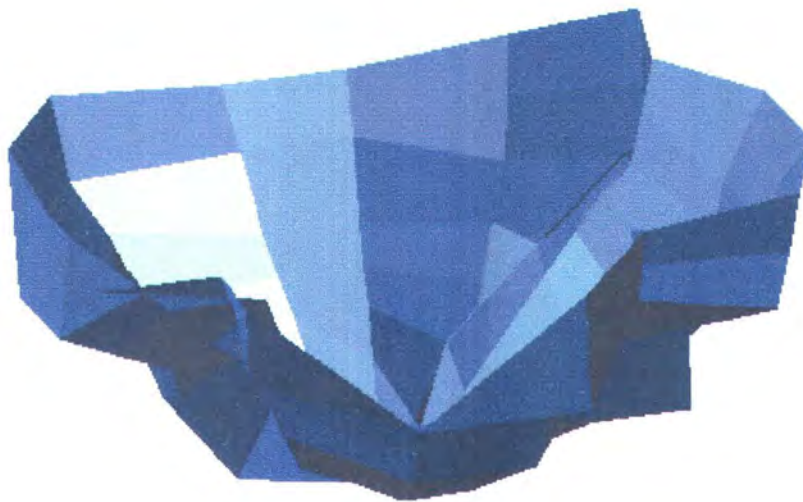


*Gambar 4.30. Penggabungan body dari output GRAV2DC dengan AutoCAD 2000 dengan satu titik perpotongan sesuai dengan sudutnya untuk Laut Maluku I.*



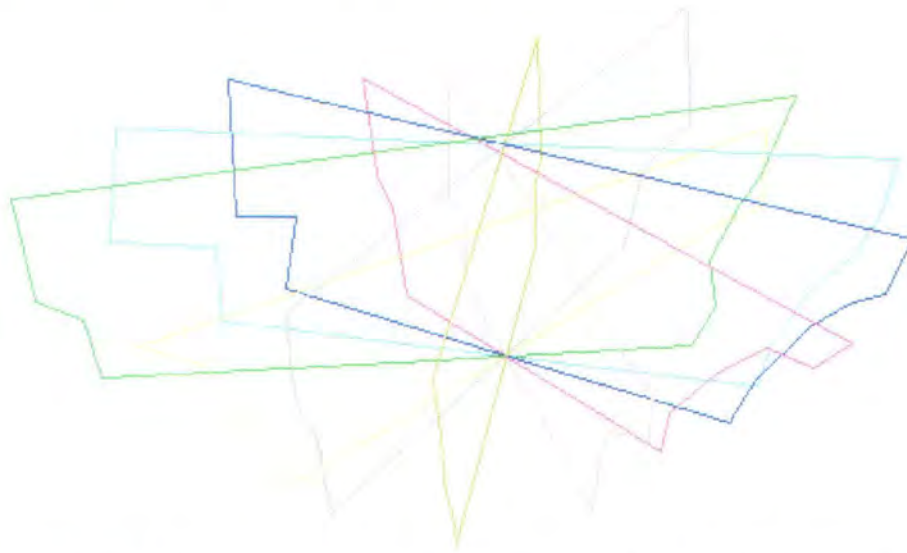


*Gambar 4.31. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur rangka untuk Laut Maluku I.*

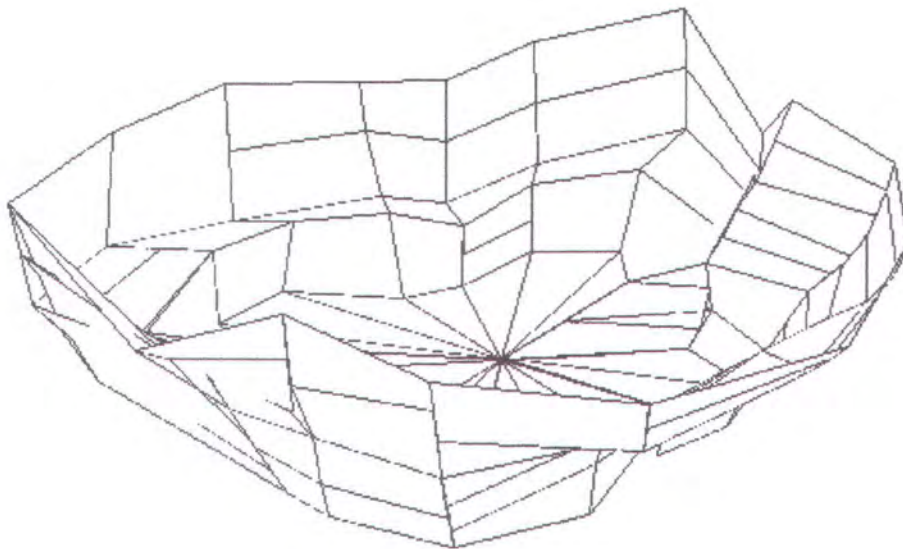


*Gambar 4.32. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur solid untuk Laut Maluku I.*

## 2. Lokasi observasi 2 (Laut Maluku II)

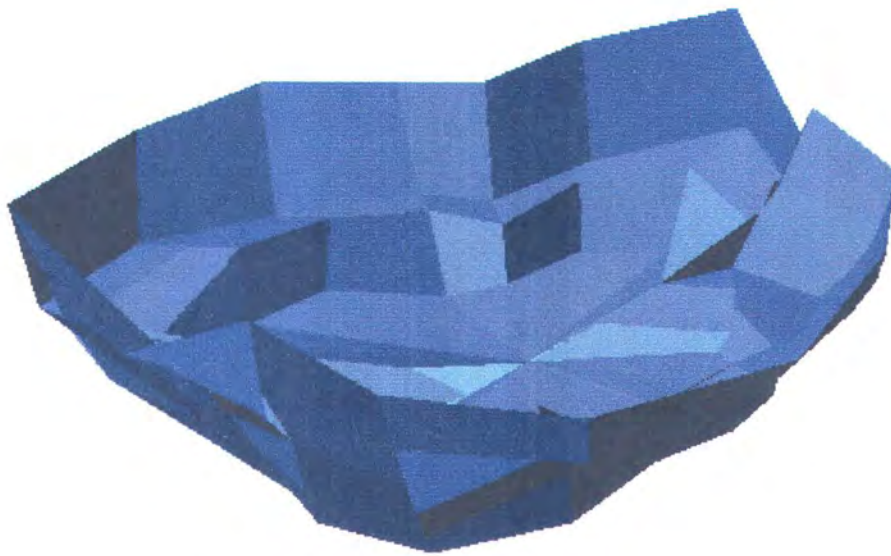


*Gambar 4.33. Penggabungan body dari output GRAV2DC dengan AutoCAD 2000 dengan satu titik perpotongan sesuai dengan sudutnya untuk Laut Maluku II.*



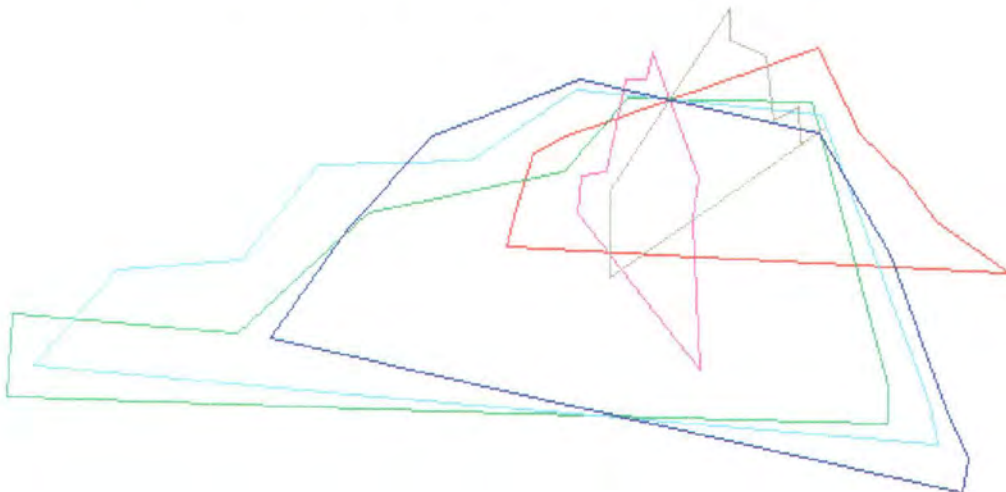
*Gambar 4.34. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur rangka untuk Laut Maluku II.*



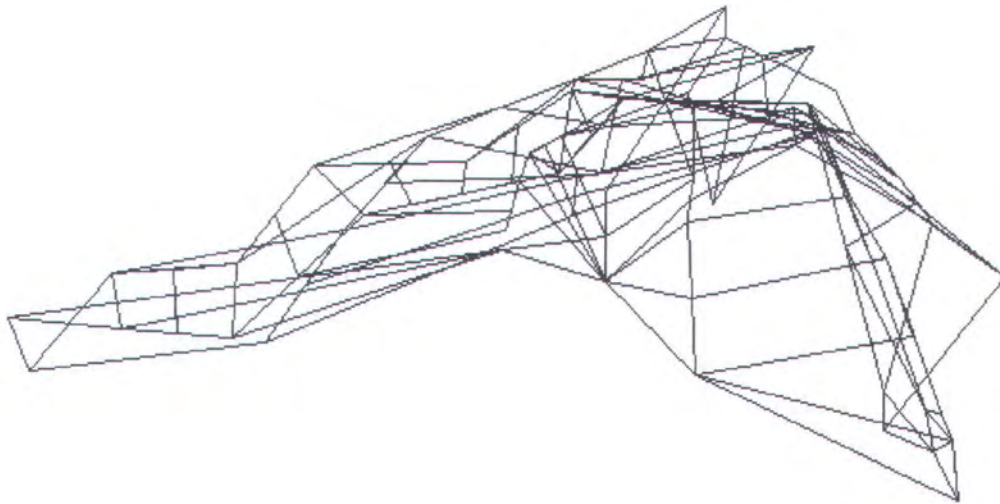


*Gambar 4.35. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi struktur solid untuk Laut Maluku II.*

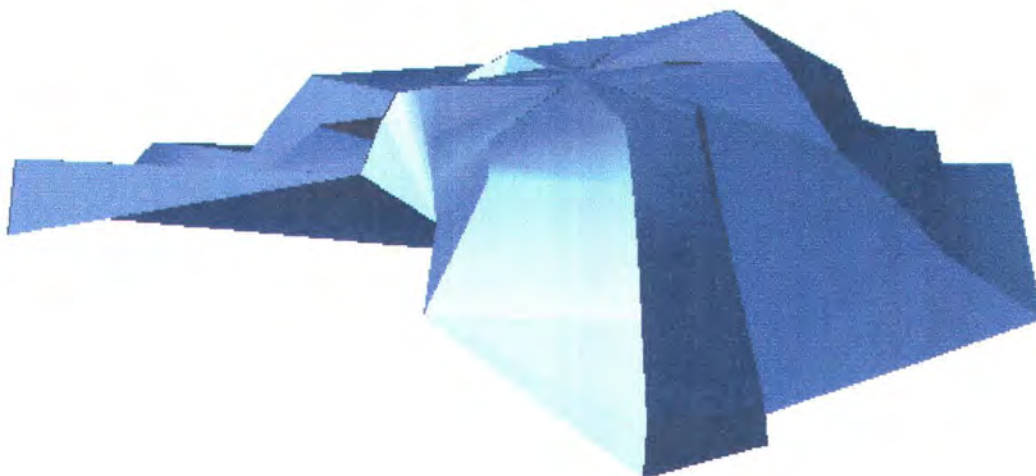
### **3. Lokasi observasi 3 (Laut Seram)**



*Gambar 4.36. Penggabungan body dari output GRAV2DC dengan AutoCAD 2000 dengan satu titik perpotongan sesuai dengan sudutnya untuk Laut Seram.*



*Gambar 4.37. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi  
struktur rangka untuk Laut Seram.*



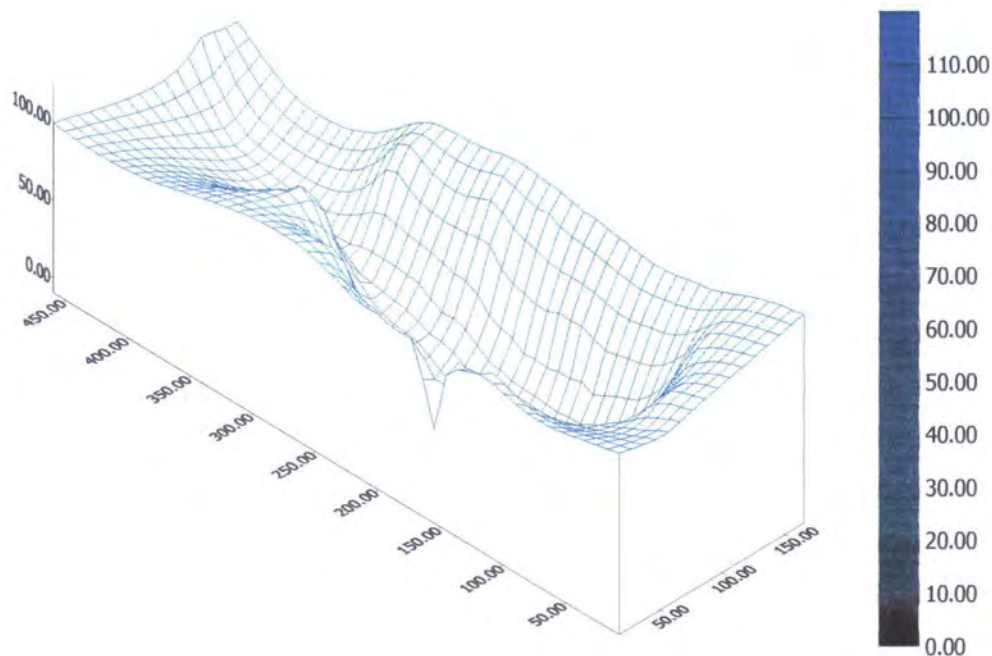
*Gambar 4.38. Hasil penggabungan dengan bentuk tiga dimensi  
struktur solid untuk Laut Seram.*



#### 4.1.3.2.2. Pemodelan dengan Winsurf

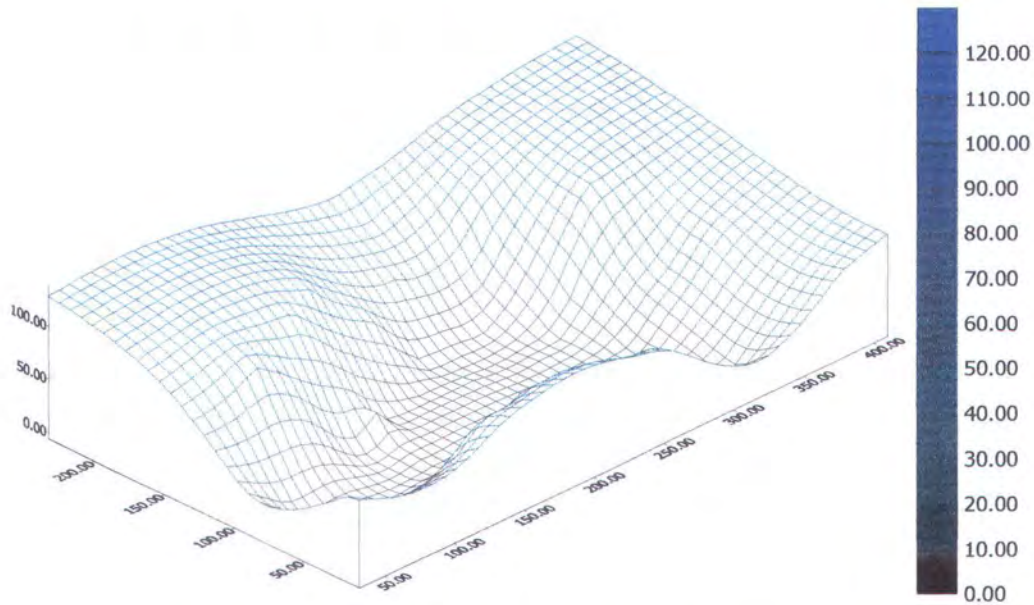
Untuk pemodelan tiga dimensi dengan menggunakan *software* Winsurf, data yang diperlukan sebagai *input* adalah data dari peta anomali Bouguer untuk nilai koordinat cartesius (x, y) titik-titik garis potongan dengan kontur anomali dan besar nilai anomali gravitasi. Dari data tersebut dapat diperoleh pemodelan tiga dimensi bentuk topografi dari kontur anomali.

##### 1. Lokasi observasi 1 (Laut Maluku I)



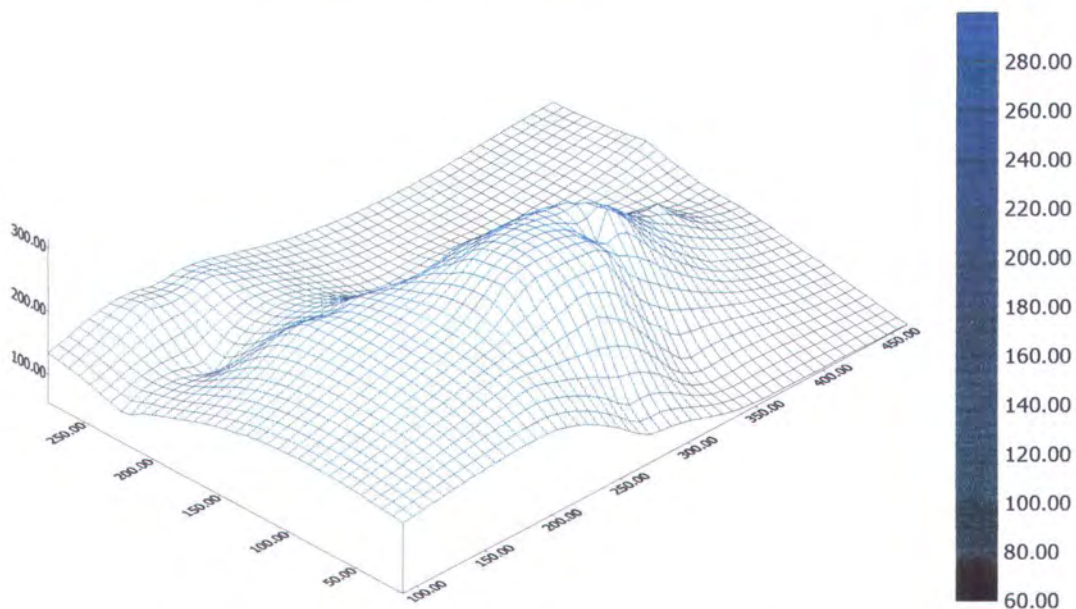
Gambar 4.39. Pemodelan tiga dimensi dengan *software* Winsurf untuk  
*Laut Maluku I.*

## 2. Lokasi observasi 2 (Laut Maluku II)



Gambar 4.40. Pemodelan tiga dimensi dengan software Winsurf untuk  
*Laut Maluku II.*

## 3. Lokasi observasi 3 (Laut Seram)



Gambar 4.41. Pemodelan tiga dimensi dengan software Winsurf untuk  
*Laut Seram.*





#### 4.1.3.3. Memperkirakan Volume Cekungan

Untuk memperkirakan volume cekungan, maka harus diasumsikan terlebih dahulu bentuk cekungannya. Bentuk cekungan seperti pada *Gambar 4.32. (Laut Maluku I)*, *Gambar 4.35. (Laut Maluku II)*, *Gambar 4.38. (Laut Seram)* diasumsikan berbentuk setengah bola.

Jadi volume cekungan =  $\frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi R^3$ , dimana R adalah kedalaman cekungan.

Kedalaman (jari-jari bola) dari cekungan diambil nilai yang rata-rata terbesar dari bentuk *body* untuk tiap-tiap potongan pada pemodelan dua dimensi GRAV2DC. Dari data *body* pemodelan dua dimensi GRAV2DC diperoleh:

- Untuk lokasi observasi 1 (Laut Maluku I).

$$\text{Jari-jari (R)} = 225,131 \text{ km.}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga volume cekungan} &= \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times 3,14 \times (225,131)^3 \\ &= 23886047,43 \text{ km}^3 = 23886047430 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Untuk lokasi observasi 2 (Laut Maluku II).

$$\text{Jari-jari (R)} = 171,145 \text{ km.}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga volume cekungan} &= \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times 3,14 \times (171,145)^3 \\ &= 10493757,8 \text{ km}^3 = 10493757800 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Untuk lokasi observasi 3 (Laut Seram).

$$\text{Jari-jari (R)} = 164,8805 \text{ km}$$



$$\begin{aligned}\text{Sehingga volume kubah} &= \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times 3,14 \times (164,8805)^3 \\ &= 9383098,519 \text{ km}^3 = 9383098519 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Setelah didapatkan volume dari cekungan atau kubah, maka dapat diketahui berat dari batuan sedimen penyusun cekungan atau kubah (*mass of deposit*) yaitu:  $M_d = \rho \times \text{volume cekungan}$ , dimana  $\rho$  adalah harga densitas batuan (Derringham, 1998). Harga densitas batuan diambil  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  yang merupakan harga rata-rata yang dipilih untuk jenis batuan sedimen.

- Untuk lokasi observasi 1 (Laut Maluku I).

$$\begin{aligned}M_d &= (1.000 \text{ kg/m}^3) \times (23886047430 \text{ m}^3) = 2,388 \times 10^{13} \text{ kg} \\ &= 2,388 \times 10^{10} \text{ ton.}\end{aligned}$$

- Untuk lokasi observasi 2 (Laut Maluku II).

$$\begin{aligned}M_d &= (1.000 \text{ kg/m}^3) \times (10493757800 \text{ m}^3) = 1,049 \times 10^{13} \text{ kg} \\ &= 1,049 \times 10^{10} \text{ ton.}\end{aligned}$$

- Untuk lokasi observasi 3 (Laut Seram).

$$\begin{aligned}M_d &= (2.000 \text{ kg/m}^3) \times (9383098519 \text{ m}^3) = 1,877 \times 10^{13} \text{ kg} \\ &= 1,877 \times 10^{10} \text{ ton.}\end{aligned}$$

#### 4.1.3.4. Interpretasi dengan Perhitungan Manual Pengaruh Gayaberat Bola dan Silinder Horisontal Metode Talwani

Persamaan pengaruh gayaberat bola Metode Talwani ditunjukkan dalam persamaan 2.15 sampai 2.21, sedangkan persamaan pengaruh gayaberat silinder horisontal ditunjukkan dalam persamaan 2.22 sampai 2.25. Dari





persamaan-persamaan tersebut dapat diperoleh grafik bentuk perkiraan *body* (interpretasi).

Dari persamaan-persamaan pada Metode Talwani, kita akan menggunakan *persamaan 2.17*. (formula dari <http://www.gcn.ou.edu> dan Sharma, 1997), *persamaan 2.19*. (formula dari Dobrin, 1981), dan *persamaan 2.21*. (formula dari Telford dkk, 1990) untuk pengaruh gayaberat bola dan *persamaan 2.23*. (formula dari <http://www.gcn.ou.edu> dan Sharma, 1997) dan *persamaan 2.25*. (formula dari Dobrin, 1981) untuk pengaruh gayaberat silinder horisontal karena untuk perhitungan manual hanya nilai  $z$  (kedalaman menuju pusat bola atau silinder horisontal) yang belum diketahui. Sedangkan nilai  $x$  (jarak) diambil dari posisi perpotongan garis penampang dengan garis kontur anomali (nilai lihat *Lampiran B*) dan nilai  $R$  (jari-jari) diambil dari rata-rata jari-jari dari *body* interpretasi GRAV2DC.

Setelah harga  $z$  (sebagai sumbu  $y$ ) diketahui, kemudian dimasukkan ke dalam *Microsoft Excel* bersama dengan nilai posisi perpotongan garis penampang dengan garis kontur anomali (sebagai sumbu  $x$ ) untuk mengetahui grafik perkiraan *body* yang dihasilkan. Grafik ini adalah grafik interpretasi yang dihasilkan dari perhitungan manual menggunakan Metode Talwani untuk pengaruh gayaberat bola dan silinder horisontal.



Untuk dapat dibandingkan dalam satu grafik (*Grafik 4.1. sampai Grafik 4.3.*), nilai kedalaman perhitungan manual perlu disesuaikan (didekatkan) dengan nilai kedalaman GRAV2DC karena parameter yang ditinjau dari masing-masing formula tersebut berbeda. Nilai kedalaman yang telah disesuaikan seperti pada *Tabel 4.1. sampai Tabel 4.3.*

Untuk interpretasi dengan perhitungan manual pengaruh gayabarat bola dan silinder horisontal ini akan diambil beberapa potongan dari kontur anomali Bouguer, yaitu untuk Laut Maluku I, potongan 2, arah  $22,5^\circ$ , Laut Maluku II, potongan 2, arah  $22,5^\circ$ , dan Laut Seram, potongan 4, arah  $90^\circ$ . Pemilihan potongan kontur ini berdasarkan bentuk *body* interpretasi dari *output* GRAV2DC, yaitu bentuk kemiripannya dengan bentuk bola atau silinder horisontal.

#### **1. Laut Maluku I, potongan 2, arah $22,5^\circ$**

Dari bentuk *body* lokasi ini (*Gambar 4.6.*) adalah cenderung dengan bentuk bola. Untuk itu dalam interpretasi akan digunakan perhitungan pengaruh gayabarat bola. Perhitungan manual digunakan formula dari:

1. <http://www.gcn.ou.edu> dan Sharma, 1997.
2. Telford, 1990.
3. Dobrin, 1981.

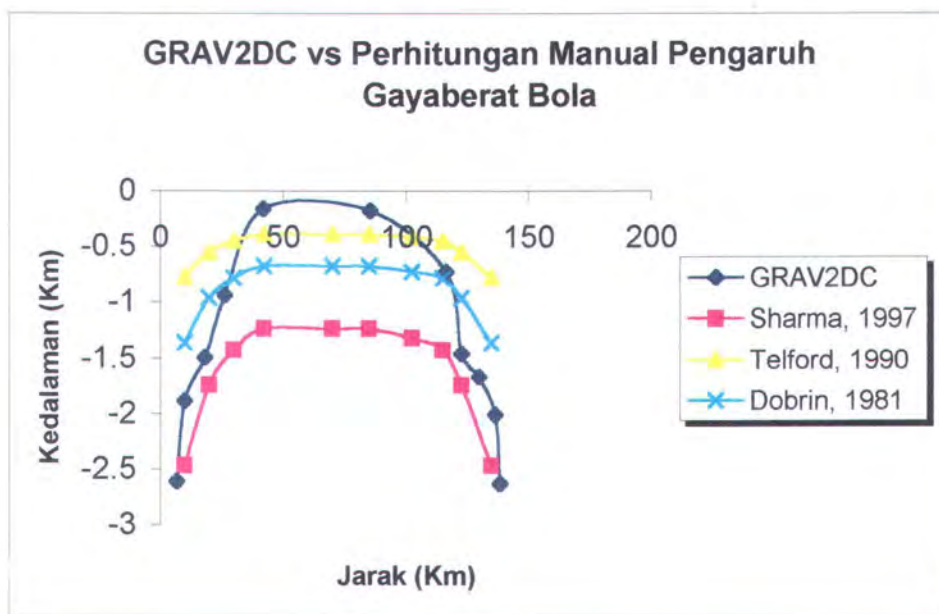




Tabel 4.1. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Maluku I,  
potongan 2, arah  $22,5^\circ$

GRAV2DC		<a href="http://www.gcn.ou.edu">http://www.gcn.ou.edu</a> dan Sharma, 1997		Telford, 1990		Dobrin, 1981	
Jarak	Kedalaman	Jarak	Kedalaman	Jarak	Kedalaman	Jarak	Kedalaman
6.667	-2.609	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!
10	-1.882	10	-2.466274965	10	-0.779535107	10	-1.362239203
18.333	-1.491	20	-1.743919752	20	-0.55121456	20	-0.963248578
26.389	-0.941	30	-1.423904515	30	-0.450064804	30	-0.78648917
41.944	-0.16	42.5	-1.233137483	42.5	-0.389767553	42.5	-0.681119601
85.556	-0.178	70	-1.233137483	70	-0.389767553	70	-0.681119601
116.111	-0.728	85	-1.233137483	85	-0.389767553	85	-0.681119601
122.5	-1.456	102.5	-1.31827942	102.5	-0.416679041	102.5	-0.728147482
129.722	-1.669	115	-1.423904515	115	-0.450064804	115	-0.78648917
136.389	-2.006	122.5	-1.743919752	122.5	-0.55121456	122.5	-0.963248578
138.333	-2.627	135	-2.466274965	135	-0.779535107	135	-1.362239203
		157.5	#DIV/0!	157.5	#DIV/0!	157.5	#DIV/0!

Dari Tabel 4.1. didapatkan grafik perbandingan interpretasi antara GRAV2DC dengan perhitungan manual pengaruh silinder horisontal.



Grafik 4.1. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Maluku I,  
potongan 2, arah  $22,5^\circ$



## 2. Laut Maluku II, potongan 2, arah 22,5°

Dari bentuk *body* lokasi ini (*Gambar 4.16.*) adalah cenderung dengan bentuk silinder horisontal. Untuk itu dalam interpretasi akan digunakan perhitungan pengaruh gayabarat silinder horisontal. Perhitungan manual digunakan formula dari:

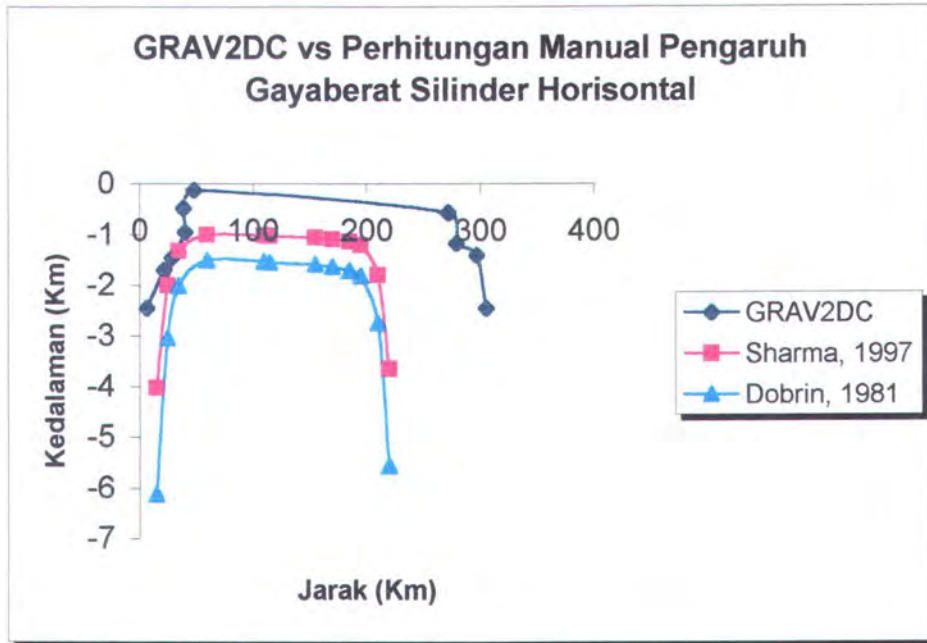
1. <http://www.gcn.ou.edu> dan Sharma, 1997.
2. Dobrin, 1981.

*Tabel 4.2. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Maluku II, potongan 2, arah 22,5°*

GRAV2DC		<a href="http://www.gcn.ou.edu">http://www.gcn.ou.edu</a> dan Sharma, 1997		Dobrin, 1981	
Jarak	Kedalaman	Jarak	Kedalaman	Jarak	Kedalaman
6.772	-2.45	0	#DIV/0!	0	#DIV/0!
21.446	-1.704	15	-4.018188699	15	-6.123159158
28.783	-1.456	25	-2.000617158	25	-3.048661522
40.635	-0.941	35	-1.320741689	35	-2.01262613
38.942	-0.479	60	-0.991937796	60	-1.511574855
48.536	-0.124	110	-1.004547175	110	-1.53078979
272.028	-0.568	115	-1.021866954	115	-1.557182717
278.801	-1.172	155	-1.051322099	155	-1.60206825
296.861	-1.402	170	-1.077605151	170	-1.642119956
305.326	-2.45	185	-1.128919682	185	-1.720316144
		195	-1.197339057	195	-1.824577729
		210	-1.802837515	210	-2.74727293
		220	-3.647278973	220	-5.557944467
		235	#DIV/0!	235	#DIV/0!

Dari *Tabel 4.2.* didapatkan grafik perbandingan interpretasi antara GRAV2DC dengan perhitungan manual pengaruh silinder horisontal.





Grafik 4.2. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Maluku II,  
potongan 2, arah  $22,5^\circ$ .

### 3. Laut Seram, potongan 4, arah $90^\circ$

Dari bentuk *body* lokasi ini (Gambar 4.27.) adalah cenderung dengan bentuk bola. Untuk itu dalam interpretasi akan digunakan perhitungan pengaruh gayaberat bola. Perhitungan manual digunakan formula dari:

4. <http://www.gcn.ou.edu> dan Sharma, 1997.
5. Telford, 1990.
6. Dobrin, 1981.



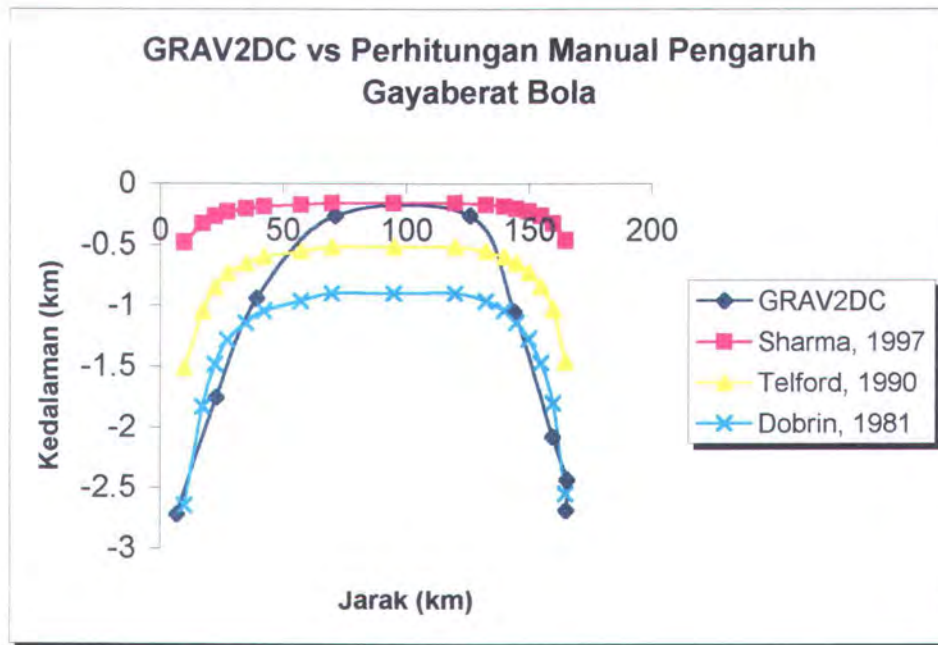
Tabel 4.3. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Seram, potongan

4, arah 90°

GRAV2DC		<a href="http://www.gcn.ou.edu">http://www.gcn.ou.edu</a> dan Sharma, 1997		Telford, 1990		Dobrin, 1981	
Jarak	Kedalaman	Jarak	Kedalaman	Jarak	Kedalaman	Jarak	Kedalaman
6.984	-2.716	0	#NUM!	0	#NUM!	0	#NUM!
22.857	-1.757	10	-0.478989341	10	-1.513979633	10	-2.645682523
39.365	-0.941	17.5	-0.331220515	17.5	-1.046914976	17.5	-1.829486075
71.429	-0.266	22.5	-0.268493778	22.5	-0.848649599	22.5	-1.48301692
126.032	-0.266	27.5	-0.231810991	27.5	-0.7327034	27.5	-1.280400699
144.127	-1.047	35	-0.206875103	35	-0.653886562	35	-1.142668113
159.683	-2.077	42.5	-0.188570093	42.5	-0.596028464	42.5	-1.041560967
165.714	-2.432	57.5	-0.174347172	57.5	-0.551072946	57.5	-0.963001106
165.079	-2.68	70	-0.162963684	70	-0.515092252	70	-0.90012477
		95	-0.1628408	95	-0.514703845	95	-0.899446028
		120	-0.162718195	120	-0.514316315	120	-0.898768819
		132.5	-0.173896984	132.5	-0.549650004	132.5	-0.960514512
		140	-0.187875076	140	-0.593831669	140	-1.037722063
		145	-0.20579307	145	-0.650466492	145	-1.136691534
		150	-0.230060568	150	-0.7271707	150	-1.270732295
		155	-0.265784387	155	-0.840085812	155	-1.468051684
		160	-0.325518065	160	-1.028890789	160	-1.797988771
		165	-0.461279258	165	-1.458001969	165	-2.54786144
		180	#DIV/0!	180	#DIV/0!	180	#DIV/0!

Dari Tabel 4.3. didapatkan grafik perbandingan interpretasi antara GRAV2DC dengan perhitungan manual pengaruh bola.





Grafik 4.3. GRAV2DC vs perhitungan manual untuk Laut Seram, potongan 4, arah  $90^\circ$ .

#### 4.2. Pembahasan

Hasil interpretasi dari anomali medan gravitasi dari Laut Maluku dan Laut Seram dapat ditunjukkan dengan *output* dari GRAV2DC untuk interpretasi dua dimensi, AutoCAD 2000 dan Winsurf untuk *output* tiga dimensi.

Interpretasi dua dimensi dengan GRAV2DC adalah berupa kurva-kurva, di mana kurva tersebut menggambarkan perkiraan bentuk dan *property* dari material dibawah dasar laut terhadap lokasi yang diperkirakan mengandung hidrokarbon (minyak, gas bumi, dan sumber mineral-mineral lain). Penggambaran bentuk material dibawah dasar laut yang dilakukan dengan bantuan GRAV2DC yang ditunjukkan dengan kurva-kurva tersebut masih



merupakan gambaran secara kasar yang didasarkan pada data sekunder pada lokasi observasi dan *try and error* pada proses interpretasi.

Dari *output* GRAV2DC untuk lokasi observasi 1 (Laut Maluku I) diketahui jumlah potongan adalah 9, jumlah titik-titik kurva adalah 11 dengan kedalaman dari permukaan dasar laut berkisar antara 2,431 km (potongan 9) sampai 2,485 km (potongan 8), panjang (perluasan kedalaman) berkisar antara 124,444 km (potongan 1) sampai 447,777 km (potongan 6), dan kesalahan (*error*) berkisar antara 8,71 (potongan 8) sampai 13,88 (potongan 1).

Untuk lokasi observasi 2 (Laut Maluku II) diketahui jumlah jumlah potongan adalah 8, jumlah titik-titik kurva adalah 10 dengan kedalaman dari permukaan dasar laut berkisar antara 1,881 km (potongan 3) sampai 2,343 km (potongan 8), panjang berkisar antara 136,243 km (potongan 4) sampai 298,633 km (potongan 8), dan kesalahan berkisar antara 9,6 (potongan 1) sampai 15,98 (potongan 3).

Untuk lokasi observasi 3 (Laut Seram) diketahui jumlah titik-titik kurva adalah 9 dengan kedalaman dari permukaan dasar laut berkisar antara 1,562 km (potongan 6) sampai 2,485 km (potongan 3), panjang berkisar antara 158,095 km (potongan 4) sampai 327,276 km (potongan 2), dan kesalahan berkisar antara 11,83 (potongan 1) sampai 25,71 (potongan 2).





Untuk lebih memudahkan penggambaran perkiraan (interpretasi) dalam bentuk tiga dimensi digunakan bantuan *software* AutoCAD 2000. Pemodelan dalam bentuk tiga dimensi dengan AutoCAD 2000 ini bentuknya kurang beraturan karena potongan melintang pada peta kontur anomali yang sedikit (kurang rapat) dan bentuk kontur anomali pada lokasi observasi yang tidak beraturan. Tetapi pemodelan ini dianggap telah mewakili bentuk tiga dimensi dari struktur hidrokarbon tersebut. Untuk lokasi observasi 1 dan 2 (Laut Maluku) bentuk tiga dimensinya adalah berupa lembah (anomali negatif), di mana densitas batuan pada lokasi ini lebih kecil dari pada densitas batuan di lokasi sekitarnya sehingga medan gayaberat bumi akan lebih kecil dibandingkan dengan medan gayaberat bumi di lokasi sekitarnya. Sedangkan untuk lokasi observasi 3 (Laut Seram) bentuk tiga dimensinya adalah berupa kubah (anomali positif), dimana densitas batuan pada lokasi ini lebih besar dari pada densitas batuan di lokasi sekitarnya sehingga medan gayaberat bumi akan lebih besar dibandingkan dengan medan gayaberat bumi di lokasi sekitarnya.

Pada pemodelan tiga dimensi dengan *software* Winsurf diperoleh bentuk tiga dimensi dari kontur anomali. Dari kontur anomali pada peta anomali Bouguer yang semula merupakan bentuk dua dimensi, setelah di-*input*-kan nilai koordinat kartesius (x, y) titik-titik garis potongan dengan kontur anomali dan besar nilai anomali gravitasi, maka akan diperoleh kontur anomali dalam bentuk tiga dimensi. Jadi pemodelan tiga dimensi dengan Winsurf ini berbeda dengan pemodelan tiga dimensi dengan AutoCAD



2000, dimana pemodelan tiga dimensi dengan AutoCAD 2000 *input*-nya didasarkan pada *output* pemodelan dua dimensi (interpretasi dua dimensi) dengan GRAV2DC. Pada pemodelan Winsurf tidak didapatkan nilai densitas dan *property* dari material yang diperkirakan mengandung hidrokarbon. Pemodelan dalam bentuk tiga dimensi ini bentuknya bagus dan beraturan, tidak seperti pada pemodelan tiga dimensi dengan AutoCAD 2000. Dari pemodelan didapatkan bentuk dari kontur anomali untuk lokasi observasi 1 dan 2 (Laut Maluku) adalah berupa lembah (anomali negatif), dan lokasi observasi 3 (Laut Seram) adalah berupa kubah (anomali positif).

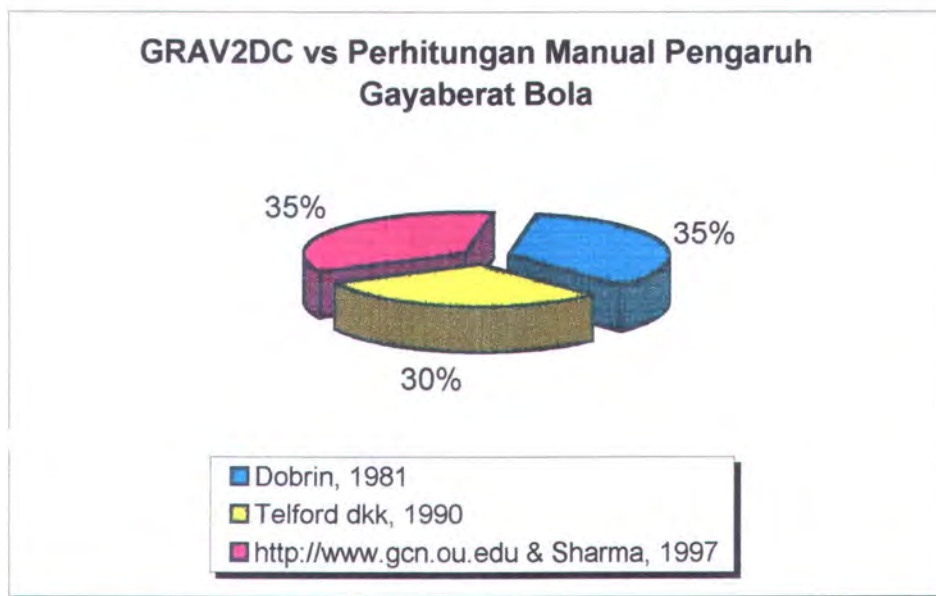
Dari interpretasi manual dengan menggunakan perhitungan pengaruh gayaberat bola dan silinder horisontal Metode Talwani akan didapatkan grafik interpretasi dengan bentuk (pola) seperti pada interpretasi GRAV2DC. Grafik interpretasi yang dihasilkan dari perhitungan manual ini jika dibandingkan dengan grafik interpretasi dari *output* GRAV2DC terdapat perbedaannya. Perbedaan ini disebabkan karena pada perhitungan manual interpretasi hanya berdasarkan pada bentuk bola atau silinder vertikal. Sedangkan interpretasi pada *output* GRAV2DC tidak hanya berdasarkan pada bentuk bola atau silinder horisontal saja, tetapi dapat membuat perkiraan *body* dengan bentuk poligon-poligon yang lebih detail (lebih mengarah ke bentuk lokasi observasi) dan dapat menghasilkan perhitungan dan interpretasi yang lebih akurat dan dengan nilai *error* yang seminimal mungkin.





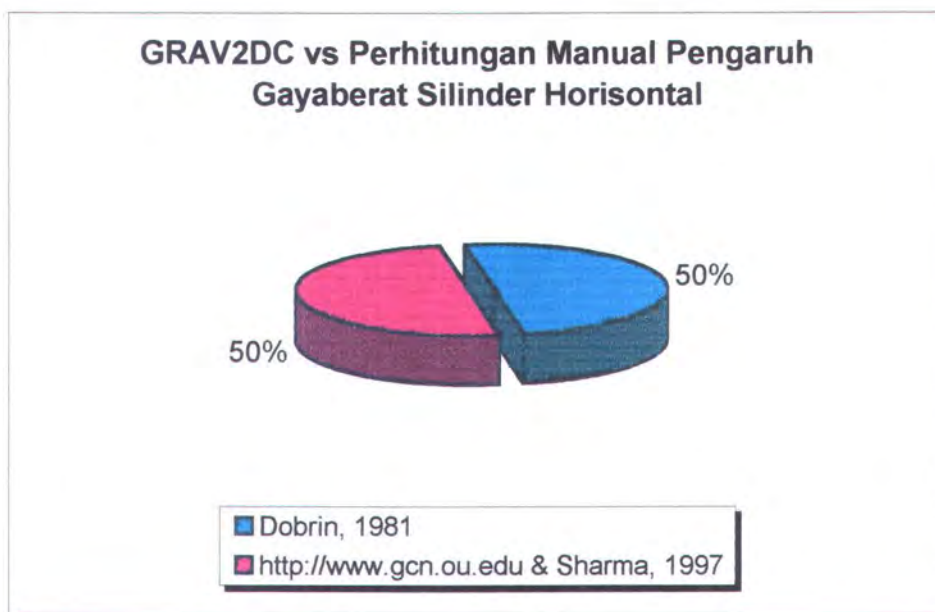
Dari interpretasi manual dengan menggunakan beberapa formula dapat dibuat secara kasar prosentase tingkat kemiripan (kecocokan) dengan interpretasi GRAV2DC berdasarkan tinjauan interpretasi bentuk *body*, seperti pada *Grafik 4.4.* sampai *Grafik 4.6.*

- Laut Maluku I, potongan 2, arah  $22,5^\circ$  (bola).



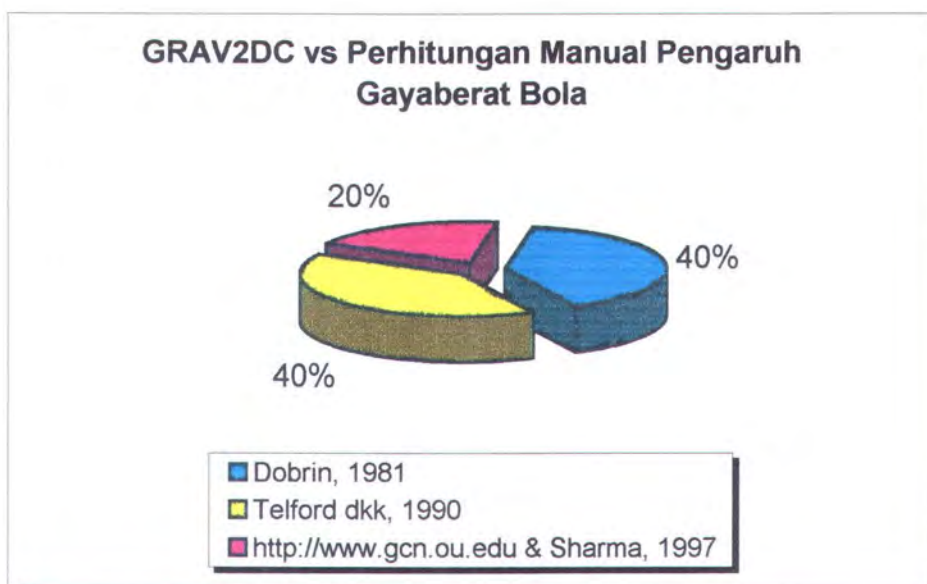
*Grafik 4.4. Perbandingan dengan interpretasi GRAV2DC untuk Laut  
Maluku I, potongan 2, arah  $22,5^\circ$ .*

- Laut Maluku II, potongan 2, arah  $22,5^\circ$  (silinder vertikal).



*Grafik 4.5. Perbandingan dengan interpretasi GRAV2DC untuk Laut  
Maluku II, potongan 2, arah  $22,5^\circ$ .*

- Laut Seram, potongan 4, arah  $90^\circ$  (bola).



*Grafik 4.6. Perbandingan dengan interpretasi GRAV2DC untuk Laut  
Seram, potongan 4, arah  $90^\circ$ .*





## BAB V PENUTUP

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Mereka menjawab: "Maha suci Engkau, tidak ada yang kami ketahui selain daripada yang telah Engkau ajarkan kepada kami; sesungguhnya Engkaulah yang Maha Bijaksana. (Q.S. Al-Baqarah: 32).



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Interpretasi medan gravitasi khususnya yang dilakukan di Laut Maluku dan Laut Seram dimaksudkan untuk menginterpretasikan model dari cekungan hidrokarbon di bawah permukaan laut dengan menggunakan data sekunder dari peta anomali gayaberat Bouguer Indonesia dan di dukung dengan peta sedimen dasar laut, peta sumber daya mineral dan energi, dan peta struktur geologi untuk Laut Maluku dan Laut Seram. Interpretasi ini dilakukan sebagai salah satu metode awal yang digunakan untuk mengetahui struktur geologi dibawah permukaan dasar laut untuk keperluan eksploitasi. Dari hasil interpretasi, analisa, dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsep interpretasi dengan metode gayaberat dapat dikembangkan sebagai metode untuk eksplorasi sumber daya alam (hidrokarbon) di bawah dasar laut yang cepat, murah, dan ekonomis karena proses interpretasinya cepat, akurat, dan dapat menggunakan data sekunder yang telah ada sebelumnya.
2. Dari interpretasi diketahui titik-titik hidrokarbon yang potensial yaitu pada kedalaman 3,0 km karena hidrokarbon terutama berada pada kedalaman antara 1,5 – 3,0 km. Laut Maluku I kedalaman dari permukaan dasar laut berkisar antara 2,431 km sampai 2,485 km, panjang (perluasan kedalaman) berkisar antara 124,444 km sampai





447,777 km. Laut Maluku II kedalaman dari permukaan dasar laut berkisar antara 1,881 km sampai 2,343 km, panjang berkisar antara 136,243 km sampai 298,633 km. Laut Seram kedalaman dari permukaan dasar laut berkisar antara 1,562 km sampai 2,485 km dan panjang berkisar antara 158,095 km sampai 327,276 km.

3. Dari interpretasi diketahui perkembangan model dua dimensi dan tiga dimensi dari anomali gayabarat di bawah dasar laut, dimana untuk lokasi observasi 1 dan 2 (Laut Maluku) adalah berupa lembah (anomali negatif), dan lokasi observasi 3 (Laut Seram) adalah berupa kubah (anomali positif). Pemodelan dalam bentuk tiga dimensi dengan AutoCAD 2000 bentuknya masih kasar karena potongan melintang pada peta kontur anomali yang sedikit (kurang rapat) dan bentuk kontur anomali yang tidak beraturan. Interpretasi dengan menggunakan perhitungan manual pengaruh gayabarat bola dan silinder horisontal Metode Talwani menghasilkan grafik interpretasi dengan bentuk (pola) seperti pada grafik interpretasi GRAV2DC tetapi juga terdapat perbedaannya. Perbedaan ini disebabkan karena pada perhitungan manual interpretasi hanya berdasarkan pada bentuk bola atau silinder vertikal. Sedangkan interpretasi pada GRAV2DC tidak hanya berdasarkan pada bentuk bola atau silinder horisontal saja, tetapi dapat membuat perkiraan *body* dengan bentuk poligon-poligon yang lebih detail (lebih mengarah ke bentuk lokasi observasi) dan dapat menghasilkan perhitungan dan interpretasi yang lebih akurat dan dengan nilai *error* yang seminimal mungkin.



## 5.2. Saran

1. Untuk menghasilkan nilai *error* yang seminimal mungkin pada *software* GRAV2DC, dengan kurva pendekatan yang berhimpit kurva observasi, maka perlu untuk memperbanyak titik-titik (*corners*) pada pendekatan *body* yang dilakukan.
2. Untuk menghasilkan pemodelan tiga dimensi AutoCAD 2000 dengan bentuk yang bagus (*smooth*), maka perlu untuk memperbanyak potongan melintang pada peta kontur anomali sehingga didapatkan jarak yang rapat.
3. Proses interpretasi sebaiknya dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* dari pada perhitungan manual, karena hasilnya lebih cepat dan akurat.
4. Setelah didapatkan data dan informasi dari interpretasi yang telah dilakukan ini, maka perlu adanya penelitian dan survei lebih lanjut terhadap lokasi observasi terhadap perkiraan sumber hidrokarbon karena interpretasi ini dilakukan sebagai salah satu metode awal yang digunakan untuk mengetahui struktur geologi dibawah permukaan dasar laut.





## DAFTAR PUSTAKA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Dan Dialah Allah yang menundukkan lautan (untukmu), agar kamu dapat memakan dari padanya daging segar dan kamu kelurkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai dan kamu lihat bahtera berlayar pada-Nya dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya dan supaya kamu bersyukur. (Q.S. An-Nahf: 14).*



## DAFTAR PUSTAKA

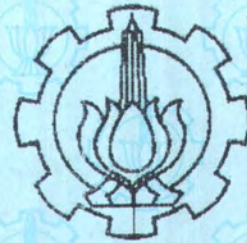
- Derringham, E, [1998], **“Computational Engineering Geology”**, Department of Applied Mathematics and Sciences, Wentworth Institute of Technology, Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- Dobrin, M.B, [1960], **“Introduction To Geophysical Prospecting”**, Edisi Ke-2, Tokyo. Mc. Graw-Hill Inc.
- Dobrin, M.B, [1981], **“Introduction To Geophysical Prospecting”**, Edisi Ke-3, Tokyo. Mc. Graw-Hill Inc.
- Himpunan Ahli Geologi Indonesia (HAGI)*, [1998], **“Penerapan Metode Geofisika Di Indonesia 1977-1997”**, Edisi Ke-1, Bandung.
- Hartono, H.M.S, [1988], **“Peta Sumber Daya Mineral Dan Energi Lepas Pantai Indonesia”**, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.
- Hutagaol, J.P, dan S. Lubis, [2001], **“Gayaberat Kelautan”**, Publikasi Khusus Seri Geofisika (Teori Dan Aplikasi Metode Gayaberat Kelautan), Bidang Geofisika Kelautan, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.
- Koesoemadinata, [1996], **“Geologi Minyak Dan Gas Bumi”**, Penerbit Ganesha, Institut Teknologi Bandung.
- Masria, M, [1991], **“Peta Sedimen Permukaan Dasar Laut Wilayah Laut Indonesia”**, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.
- Prijatno, K, [2001], **“Anomali Gayaberat Dalam Geodesi Fisik”**, Publikasi Khusus Seri Geofisika (Teori Dan Aplikasi Metode Gayaberat Kelautan), Bidang Geofisika Kelautan, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.





- Sharma, P.V., [1997], **“Environmental And Engineering Geophysics”**, Cambridge University Press, USA.
- Sobari, I dkk., [1993], **“Peta Anomali Bouguer Indonesia”**, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Subagio, [2001], **“Menentukan Nilai Gayaberat Normal Berdasarkan Sistem Geodetik Global 1984 (WGS 1984)”**, Publikasi Khusus Seri Geofisika (Teori Dan Aplikasi Metode Gayaberat Kelautan), Bidang Geofisika Kelautan. Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.
- Telford, W.M. dkk, [1990], **“Applied Geophysics”**, Edisi Ke-2, Cambridge University Press, New York.
- Wahyudi, [1997], **“Diktat Kuliah Lingkungan Laut II”**, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Wahyudi, [1999], **“Diktat Kuliah Teknologi Reservoir”**, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- , [2002], **“Interpretation Of Gravity Data”**, <http://www.gcn.ou.edu>.
- , [2002], **“GRAV2DC 2,5D Gravity Data Modeling And Inversion For Windows”**, <http://www.rockware.com>.
- , [2002], **“Talwani vs Parker”**, <http://www.soes.soton.ac.uk>.





## DAFTAR LAMPIRAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Yang mendengarkan perkataan lalu mengikuti apa yang paling baik di antaranya. Mereka itulah orang-orang yang telah diberi Allah petunjuk dan mereka itulah orang-orang yang mempunyai akal. (Q.S. Az-Zumar: 18)*





**LAMPIRAN A**  
**INPUT SOFTWARE GRAV2DC**

**1. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 1, Arah 0°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
10.0	75.0
20.0	50.0
25.0	25.0
40.0	0.0
65.0	0.0
80.0	0.0
92.5	12.5
107.5	25.0
112.5	50.0
125.0	75.0
140.0	100.0

**2. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 2, Arah 22,5°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
10.0	75.0
20.0	50.0
30.0	25.0
42.5	0.0
70.0	0.0
85.0	0.0
102.5	12.5
115.0	25.0
122.5	50.0
135.0	75.0
157.5	100.0

**3. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 3, Arah 45°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
12.5	75.0
22.5	50.0
35.0	25.0
45.0	0.0
80.0	0.0
105.0	0.0
122.5	12.5
137.5	25.0
150.0	50.0
165.0	75.0
190.0	100.0



**4. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 4, Arah 67,5°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
10.0	75.0
20.0	50.0
35.0	25.0
45.0	0.0
70.0	0.0
135.0	0.0
155.0	12.5
175.0	25.0
190.0	50.0
207.5	75.0
220.0	100.0

**5. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 5, Arah 90°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
10.0	75.0
30.0	50.0
50.0	26.953
67.5	25.0
82.5	12.5
100.0	0.0
145.0	0.0
190.0	0.0
210.0	25.0
235.0	50.0
260.0	75.0
285.0	100.0

**6. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 6, Arah 100°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
5.0	75.0
35.0	50.0
60.0	47.183
80.0	44.097
100.0	41.549
122.5	38.514
142.5	35.417
162.5	32.639
185.0	29.557
202.5	26.953
217.5	25.0
237.5	12.5
260.0	0.0
292.5	0.0
335.0	0.0
347.5	25.0
376.5	50.0
400.0	75.0
420.0	83.333
440.0	91.667
465.0	100.0

**7. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 7, Arah 112,5°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
15.0	75.0
47.5	50.0
62.5	26.953
80.0	25.0
100.0	12.5
120.0	0.0
145.0	0.0
180.0	0.0
192.5	25.0
210.0	50.0
240.0	75.0
260.0	83.333
280.0	91.667
300.0	100.0



**8. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 8, Arah 135°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
17.5	75.0
25.0	50.0
40.0	25.0
57.5	12.5
75.0	0.0
92.5	0.0
117.5	0.0
132.5	25.0
142.5	50.0
157.5	75.0
175.0	100.0

**9. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 9, Arah 157,5°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
12.5	75.0
22.5	50.0
32.5	25.0
47.5	12.5
62.5	0.0
75.0	0.0
100.0	0.0
115.0	25.0
120.0	50.0
130.0	75.0
142.5	100.0

**1. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 1, Arah 0°**

Position	Anomaly
0.0	25.0
20.0	0.0
37.5	0.0
110.0	0.0
155.0	0.0
197.5	0.0
250.0	0.0
267.5	0.0
285.0	25.0
302.5	50.0
322.5	75.0
375.0	100.0

**2. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 2, Arah 22,5°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
17.5	75.0
32.5	50.0
40.0	25.0
55.0	0.0
70.0	0.0
90.0	0.0
122.5	0.0
150.0	0.0
200.0	0.0
260.0	0.0
280.0	25.0
300.0	50.0
320.0	75.0

**3. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 3, Arah 45°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
10.0	75.0
20.0	50.0
30.0	25.0
40.0	0.0
55.0	0.0
70.0	0.0
90.0	0.0
105.0	0.0
120.0	0.0
130.0	0.0
145.0	25.0
165.0	50.0
175.0	75.0



**4. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 4, Arah 67,5°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
10.0	75.0
25.0	50.0
35.0	25.0
47.5	0.0
62.5	0.0
75.0	0.0
67.5	0.0
102.5	0.0
115.0	0.0
122.5	0.0
130.0	25.0
140.0	50.0
150.0	75.0

**5. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 5, Arah 90°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
30.0	75.0
55.0	50.0
70.0	25.0
85.0	0.0
102.5	0.0
120.0	0.0
132.5	0.0
142.5	0.0
152.5	0.0
160.0	0.0
167.5	25.0
175.0	50.0
185.0	75.0

**6. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 6, Arah 112,5°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
17.5	75.0
52.5	50.0
67.5	25.0
92.5	0.0
127.5	0.0
147.5	0.0
160.0	0.0
170.0	0.0
182.5	0.0
190.0	0.0
200.0	25.0
210.0	50.0
220.0	75.0

**7. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 7, Arah 135°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
15.0	75.0
25.0	50.0
35.0	25.0
60.0	0.0
110.0	0.0
115.0	0.0
155.0	0.0
170.0	0.0
185.0	0.0
195.0	0.0
210.0	25.0
220.0	50.0
235.0	75.0



**8. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 8, Arah 157,5°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
10.0	75.0
20.0	50.0
30.0	25.0
42.5	0.0
70.0	0.0
120.0	0.0
150.0	0.0
170.0	0.0
205.0	0.0
235.0	0.0
270.0	25.0
305.0	50.0
325.0	75.0

**1. Lokasi Laut Seram, Potongan 1, Arah 0°**

Position	Anomaly
0.0	250.0
15.0	275.0
35.0	300.0
65.0	300.0
120.0	300.0
130.0	275.0
137.5	250.0
145.0	225.0
157.5	200.0
167.5	175.0
180.0	150.0
195.0	125.0
220.0	100.0

**2. Lokasi Laut Seram, Potongan 2, Arah 35°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
12.5	125.0
55.0	150.0
112.5	175.0
127.5	200.0
142.5	225.0
160.0	231.25
175.0	237.50
190.0	245.58
205.0	250.0
222.5	275.0
235.0	300.0
265.0	300.0
297.5	300.0
307.5	275.0
312.5	250.0
317.5	225.0
322.5	200.0
327.5	175.0
335.0	150.0
340.0	125.0
347.5	100.0



### 3. Lokasi Laut Seram, Potongan 3, Arah 45°

Position	Anomaly
0.0	100.0
15.0	125.0
25.0	150.0
50.0	175.0
65.0	200.0
72.5	225.0
107.5	250.0
125.0	275.0
137.5	300.0
167.5	300.0
195.0	300.0
205.0	275.0
210.0	250.0
215.0	225.0
220.0	200.0
225.0	175.0
230.0	150.0
235.0	125.0
245.0	100.0

### 4. Lokasi Laut Seram, Potongan 4, Arah 90°

Position	Anomaly
0.0	100.0
10.0	125.0
17.5	150.0
22.5	175.0
27.5	200.0
35.0	225.0
42.5	250.0
57.5	275.0
70.0	300.0
95.0	300.0
120.0	300.0
132.5	275.0
140.0	250.0
145.0	225.0
150.0	200.0
155.0	175.0
160.0	150.0
165.0	125.0
180.0	100.0

**5. Lokasi Laut Seram, Potongan 5, Arah 135°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
10.0	125.0
25.0	150.0
42.5	175.0
50.0	200.0
55.0	225.0
65.0	250.0
85.0	275.0
95.0	300.0
127.5	300.0
165.0	300.0
170.0	275.0
180.0	250.0
215.0	225.0

**6. Lokasi Laut Seram, Potongan 6, Arah 157,5°**

Position	Anomaly
0.0	100.0
35.0	125.0
45.0	150.0
67.5	175.0
75.0	200.0
85.0	225.0
100.0	250.0
120.0	275.0
130.0	300.0
180.0	300.0
220.0	300.0
230.0	275.0
242.5	250.0





**LAMPIRAN B**  
**OUTPUT SOFTWARE GRAV2DC**

## 1. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 1, Arah 0°

GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 12 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 11 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the body's corners:-

X	Y
3.210	2.609
8.889	2.041
19.506	1.509
23.704	0.746
36.790	0.160
80.494	0.160
96.049	0.550
108.889	0.639
109.383	1.349
123.457	1.562
127.654	2.592

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-4.2
10.0	-25.0	-24.6
20.0	-50.0	-49.9
25.0	-75.0	-74.9
40.0	-100.0	-99.9
65.0	-100.0	-100.6
80.0	-100.0	-100.2
92.5	-87.5	-87.3
107.5	-75.0	-74.9
112.5	-50.0	-50.1
125.0	-25.0	-24.7
140.0	0.0	-2.2



## 2. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 2, Arah 22,5°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 12 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 11 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
6.667	2.609
10.000	1.882
18.333	1.491
26.389	0.941
41.944	0.160
85.556	0.178
116.111	0.728
122.500	1.456
129.722	1.669
136.389	2.006
138.333	2.627

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-3.5
10.0	-25.0	-24.3
20.0	-50.0	-49.5
30.0	-75.0	-74.6
42.5	-100.0	-100.2
70.0	-100.0	-100.9
85.0	-100.0	-100.5
102.5	-87.5	-87.4
115.0	-75.0	-75.8
122.5	-50.0	-49.9
135.0	-25.0	-24.8
157.5	0.0	-1.4

### 3. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 3, Arah 45°

GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 12 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 11 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the body's corners:-

X	Y
3.686	2.592
11.393	2.095
19.771	1.456
32.504	0.870
44.903	0.142
108.236	0.178
128.007	0.550
138.730	0.746
148.448	1.349
164.868	1.527
165.873	2.574

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-3.4
12.5	-25.0	-24.4
22.5	-50.0	-50.2
35.0	-75.0	-75.6
45.0	-100.0	-99.6
80.0	-100.0	-100.2
105.0	-100.0	-99.4
122.5	-87.5	-87.7
137.5	-75.0	-74.9
150.0	-50.0	-50.0
165.0	-25.0	-25.1
190.0	0.0	-1.3



#### 4. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 4, Arah 67,5°

##### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 12 Observation points.

The units used were Km.

##### Body 1

No. of corners is 11 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the body's corners:-

X	Y
7.372	2.592
9.700	2.041
12.028	1.456
29.877	1.189
41.517	0.160
138.131	0.160
161.411	0.550
173.827	0.639
185.467	1.278
209.524	1.669
206.808	2.556

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-3.5
10.0	-25.0	-25.0
20.0	-50.0	-50.0
35.0	-75.0	-74.9
45.0	-100.0	-99.4
70.0	-100.0	-100.3
135.0	-100.0	-99.8
155.0	-87.5	-87.6
175.0	-75.0	-75.3
190.0	-50.0	-49.5
207.5	-25.0	-24.5
220.0	0.0	-2.5

## 5. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 5, Arah 90°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 12 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 11 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the body's corners:-

X	Y
7.372	2.592
8.148	2.130
14.356	1.544
35.697	0.728
42.293	0.160
135.802	0.142
159.083	0.515
176.543	0.746
194.780	1.527
209.524	1.864
209.136	2.556

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-3.5
10.0	-25.0	-24.2
20.0	-50.0	-50.3
35.0	-75.0	-75.2
45.0	-100.0	-99.4
70.0	-100.0	-100.5
135.0	-100.0	-100.5
155.0	-87.5	-87.4
175.0	-75.0	-74.8
190.0	-50.0	-50.4
207.5	-25.0	-24.2
220.0	0.0	-2.6



## 6. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 6, Arah 100°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 22 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 11 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
6.561	2.538
4.101	1.207
24.603	1.367
221.429	0.746
252.593	0.160
337.063	0.124
351.825	0.994
383.810	1.456
404.312	2.095
433.836	2.254
451.878	2.556

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-5.7
5.0	-25.0	-25.6
35.0	-50.0	-49.6
60.0	-52.8	-53.3
80.0	-55.9	-56.1
100.0	-58.5	-58.8
122.5	-61.5	-61.9
142.5	-64.6	-64.5
162.5	-67.4	-67.2
185.0	-70.4	-70.3
202.5	-72.9	-72.6
217.5	-75.0	-74.8
237.5	-87.5	-87.6
260.0	-100.0	-99.6
292.5	-100.0	-100.2
335.0	-100.0	-100.2
347.5	-75.0	-74.8
376.5	-50.0	-49.5
400.0	-25.0	-25.5
420.0	-16.7	-16.0
440.0	-8.3	-8.6
465.0	0.0	-0.8

## 7. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 7, Arah 112,5°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 15 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 11 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

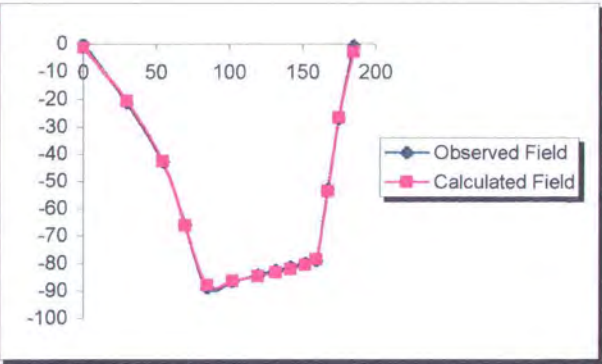
X	Y
5.820	2.556
18.519	1.704
30.688	1.598
93.651	0.533
114.815	0.142
184.656	0.142
195.238	0.959
214.286	1.473
236.508	1.882
256.614	2.361
285.185	2.574

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-2.5
15.0	-25.0	-24.3
47.5	-50.0	-51.3
62.5	-61.7	-61.9
80.0	-75.0	-74.3
100.0	-87.5	-88.9
120.0	-100.0	-100.5
145.0	-100.0	-100.6
180.0	-100.0	-100.0
192.5	-75.0	-74.7
210.0	-50.0	-50.1
240.0	-25.0	-25.1
260.0	-8.3	-8.9
280.0	-4.1	-2.5
300.0	0.0	-0.6



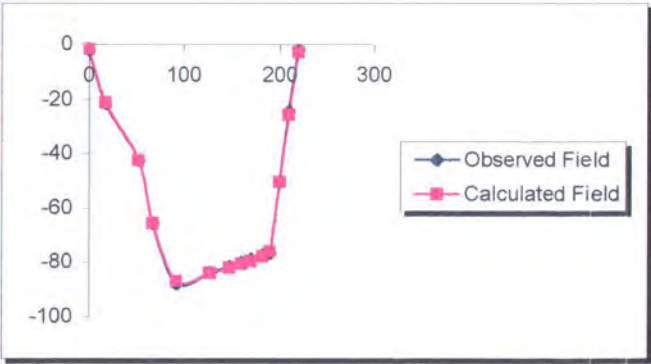
Potongan 5, Arah 90°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-1.1
30	-21	-20.5
55	-42.7	-42.5
70	-65.8	-66.1
85	-88.8	-87.8
102.5	-86.5	-86.4
120	-84.2	-84.6
132.5	-82.5	-83.2
142.5	-81.2	-82
152.5	-79.9	-80.4
160	-78.9	-78.5
167.5	-52.9	-53.6
175	-26.9	-26.5
185	-0.6	-3



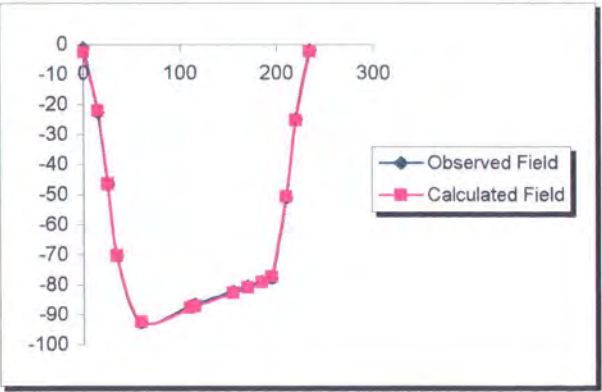
Potongan 6, Arah 112,5°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	-1.7	-1.5
17.5	-21.3	-21.1
52.5	-42.3	-42.3
67.5	-65.6	-65.5
92.5	-87.7	-86.9
127.5	-83.7	-83.9
147.5	-81.4	-81.9
160	-80	-80.6
170	-78.8	-79.5
182.5	-77.4	-77.8
190	-76.6	-76
200	-50.4	-50.4
210	-24.3	-25.4
220	-1.9	-2.8



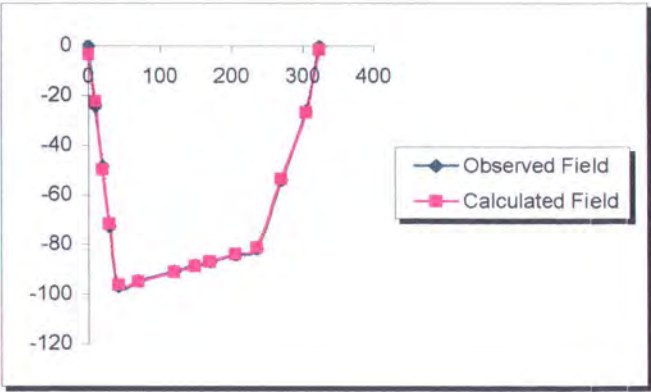
Potongan 7, Arah 135°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	-1	-2.4
15	-22.4	-22
25	-46.3	-46.4
35	-70.2	-70.2
60	-92.5	-92.4
110	-87	-87.5
115	-86.4	-87
155	-82.1	-82.6
170	-80.4	-80.8
185	-78.8	-78.9
195	-77.7	-77.2
210	-51	-50.6
220	-24.9	-25.1
235	-1.7	-2.1



Potongan 8, Arah 157,5°

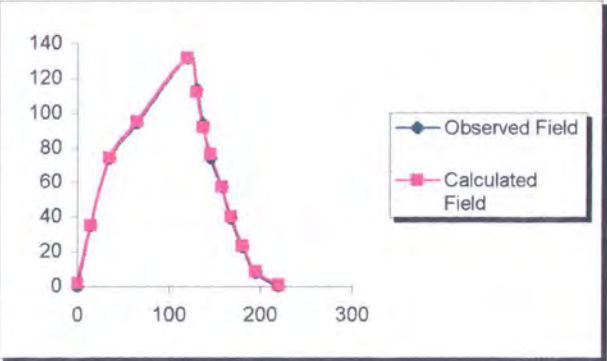
Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-3.2
10	-24.2	-22.4
20	-48.4	-49.8
30	-72.7	-71.8
42.5	-96.7	-96
70	-94.6	-94.7
120	-90.7	-90.9
150	-88.3	-88.5
170	-86.8	-86.8
205	-84.1	-83.9
235	-81.7	-81.2
270	-54	-53.7
305	-26.3	-26.8
325	-0.3	-1.5



Lokasi Observasi 3 (Laut Seram)

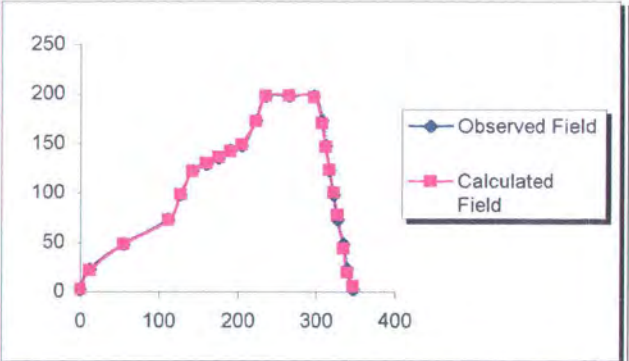
Potongan 1, Arah 0°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	1.9
15	35.2	35.3
35	73.9	74.2
65	94.3	95.4
120	131.8	131.7
130	113.6	112.4
137	93.8	91.9
145	73.9	76.3
157.5	57.4	57.5
167.5	39.2	40.2
180	22.7	23.3
195	8	8.5
220	0	0.9



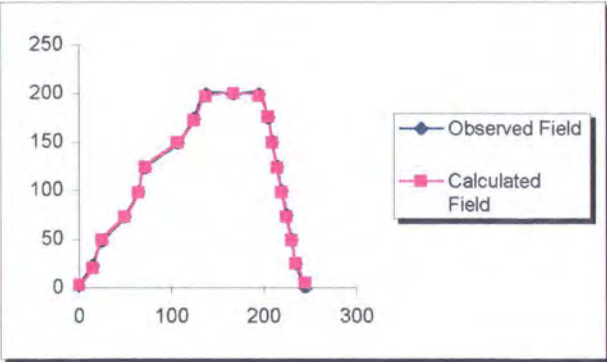
Potongan 2, Arah 35°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	2.1	2.5
12.5	22.9	21.4
55	47.9	48.3
112.5	72.9	72.3
127.5	97.9	98.3
142.5	122.9	122.1
160	129.2	130.2
175	135.4	136.4
190	143.5	142.5
205	147.9	148.6
222.5	172.9	172.7
235	197.9	198
265	197.9	198.5
297.5	197.9	197.2
307.5	172.9	170.3
312.5	147.9	146.6
317.5	122.9	123.3
322.5	97.9	100.3
327.5	72.9	77.6
335	47.9	44.1
340	22.9	19.5
347.5	2.1	5.2



Potongan 3, Arah 45°

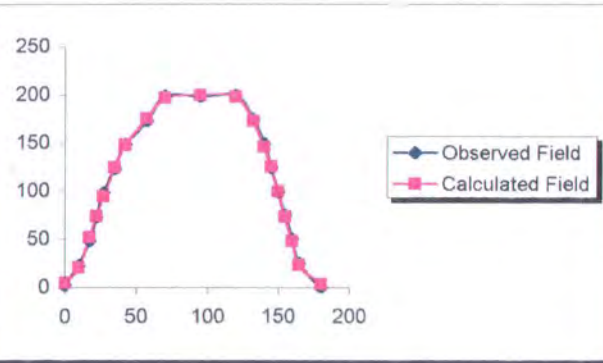
Position	Observed Field	Calculated Field
0	2.1	2.6
15	23	20.6
25	48.1	49.6
50	73.3	73.3
65	98.5	98.1
72.5	123.5	123.7
107.5	148.8	149.3
125	174	172
137.5	199.1	196.8
167.5	199.3	199.7
195	199.6	197.2
205	174.7	175.4
210	149.7	149.3
215	124.7	123.4
220	99.8	98
225	74.8	73.1
230	49.9	48.8
235	24.9	24.9
245	0	5.2





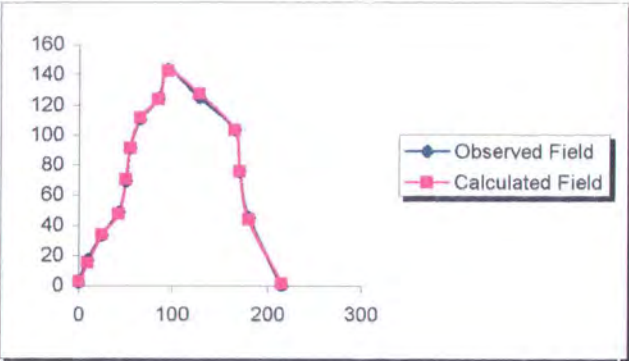
Potongan 4, Arah 90°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	2.1	4.5
10	23	20.4
17.5	48.1	51.6
22.5	73.2	74
27.5	98.2	94.5
35	123.3	124.4
42.5	148.4	148
57.5	173.6	175.5
70	198.7	197.3
95	199	200.1
120	199.3	198.6
132.5	174.5	173.6
140	149.5	145.9
145	124.6	125.3
150	99.7	99.2
155	74.7	73.3
160	49.8	48.3
165	24.8	23.4
180	0	3.3



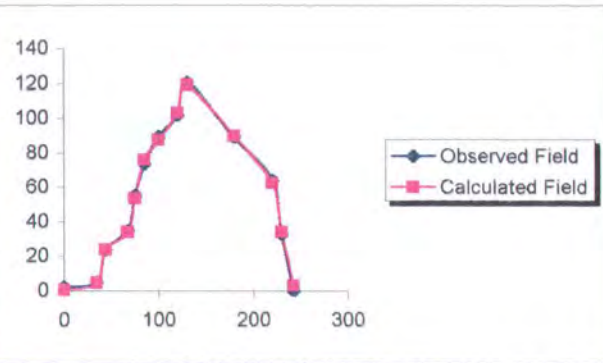
Potongan 5, Arah 135°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	2.1	2.7
10	17.2	15.4
25	33.6	33.9
42.5	48.6	47.6
50	69.3	70.3
55	91.5	91.4
65	110.8	111.8
85	124.3	124.2
95	143.6	143
127.5	125	127.5
165	103.6	103.3
170	75.7	75.9
180	45	44
215	0	1.5

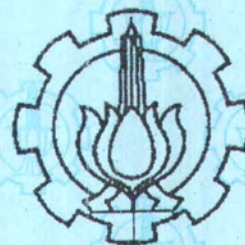


Potongan 6, Arah 157,5°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	2.1	0.5
35	5.1	4.5
45	23.9	23.8
67.5	34.8	34
75	55	53.5
85	73.8	75.8
100	89.4	87.6
120	101.8	103.1
130	120.6	119.4
180	89.2	89.8
220	64.1	62.6
230	32.8	34.1
242.5	0	3.1







**LAMPIRAN D**  
**INPUT SOFTWARE WINSURE**



# LOKASI OBSERVASI 1 (LAUT MALUKU I)

Sumbu x	Sumbu y	Anomali	Sumbu x	Sumbu y	Anomali
60	172.5	0	82.5	267.5	26.953
60	185	0	100	260	26.953
60	200	0	112.5	250	26.953
65	217.5	0	102.5	280	29.557
82.5	217.5	0	105	300	32.639
90	205	0	110	320	35.417
92.5	195	0	115	340	38.514
95	185	0	120	360	41.549
97.5	177.5	0	122.5	380	44.09
98	172.5	0	125	400	47.183
100	167.5	0	40	172.5	50
102.5	157.5	0	40	192.5	50
100	137.5	0	45	215	50
82.5	127.5	0	55	242.5	50
75	132.5	0	82.5	287.5	50
70	142.5	0	130	425	50
65	155	0	120	265	50
62.5	165	0	130	222.5	50
82.5	235	12.5	132.5	195	50
92.5	227.5	12.5	130	172.5	50
100	215	12.5	130	155	50
107.5	200	12.5	132.5	125	50
110	185	12.5	120	85	50
110	172.5	12.5	82.5	80	50
112.5	162.5	12.5	70	100	50
112.5	142.5	12.5	60	115	50
107.5	117.5	12.5	50	137.5	50
45	172.5	25	17.5	155	50
47.5	190	25	30	172.5	75
52.5	205	25	30	196.5	75
60	227.5	25	37.5	220	75
82.5	250	25	52.5	225	75
92.5	247.5	25	82.5	305	75
107.5	235	25	135	450	75
120	212.5	25	132.5	292.5	75
125	190	25	135	227.5	75
125	172.5	25	142.5	200	75
125	157.5	25	144	172.5	75
124	135	25	145	150	75
114	100	25	145	112.5	75
82.5	107.5	25	127.5	70	75
72.5	120	25	82.5	57.5	75
65	130	25	62.5	67.5	75
57.5	145	25	47.5	85	75
50	157.5	25	37.5	125	75

Sumbu x	Sumbu y	Anomali
35	150	75
60	47.5	83.333
40	65	83.333
55	27.5	91.667
32.5	50	91.667
20	172.5	100
20	200	100
25	230	100
47.5	260	100

Sumbu x	Sumbu y	Anomali
140	307.5	100
147.5	240	100
155	202.5	100
160	172.5	100
165	140	100
162.5	97.5	100
130	57.5	100
82.5	35	100
57.5	7.5	100
22.5	147.5	100



## LOKASI OBSERVASI 2 (LAUT MALUKU II)

Sumbu x	Sumbu y	Anomali	Sumbu x	Sumbu y	Anomali
191	75	0	220	55	0
187.5	75	0	202.5	57.5	0
182.5	77.5	0	190	50	25
172.5	80	0	177.5	50	25
145	85	0	155	50	25
160	97.5	0	82.5	40	25
180	100	0	37.5	85	25
187.5	100	0	115	115	25
197.5	100	0	150	112.5	25
205	97.5	0	170	137.5	25
217.5	95	0	190	147.5	25
235	85	0	227.5	170	25
217.5	75	0	277.5	170	25
202.5	75	0	302.5	130	25
197.5	75	0	322.5	85	25
192.5	65	0	337.5	25	25
182.5	65	0	245	45	25
172.5	65	0	212.5	50	25
140	62.5	0	192.5	42.5	50
75	85	0	175	42.5	50
142.5	105	0	150	40	50
167.5	110	0	52.5	27.5	50
180	112.5	0	107.5	120	50
192.5	115	0	142.5	135	50
205	117.5	0	165	147.5	50
225	120	0	192.5	160	50
267.5	115	0	232.5	185	50
287.5	85	0	285	180	50
260	57.5	0	310	132.5	50
212.5	65	0	342.5	100	50
202.5	65	0	357.5	17.5	50
192.5	59	0	245	35	50
180	59	0	212.5	40	50
165	57.5	0	192.5	35	75
115	55	0	170	34.5	75
60	85	0	137.5	30	75
130	110	0	32.5	20	75
157.5	120	0	95	125	75
175	125	0	135	142.5	75
192.5	132.5	0	160	160	75
217.5	150	0	190	187.5	75
262.5	155	0	245	217.5	75
287.5	125	0	290	185	75
305	85	0	320	137.5	75
320	32.5	0	360	85	75

Sumbu x	Sumbu y	Anomali
375	10	75
252.5	24.5	75
212.5	32.5	75
77.5	130	100
127.5	150	100

Sumbu x	Sumbu y	Anomali
156.5	170	100
190	220	100
252.5	232.5	100
302.5	195	100
329	142.5	100
410	82.5	100



### LOKASI OBSERVASI 3 (LAUT SERAM)

Sumbu x	Sumbu y	Anomali	Sumbu x	Sumbu y	Anomali
270	76	300	270	45	200
245	75	300	155	175	200
235	82.5	300	195	171	200
240	100	300	270	165	200
245	117.5	300	322.5	155	200
250	120	300	367.5	137.5	200
270	125	300	362.5	100	200
295	122.5	300	315	66	200
320	117.5	300	307.5	60	200
325	100	300	270	40	175
295	82.5	300	142.5	257.5	175
287.5	80	300	185	255	175
270	62.5	275	270	170	175
242.5	71	275	352.5	160	175
227.5	80	275	402.5	140	175
222.5	100	275	375	100	175
235	122.5	275	320	65	175
240	127.5	275	310	57.5	175
270	135	275	270	35	150
250	130	275	115	277.5	150
327.5	122.5	275	170	275	150
337.5	100	275	270	175	150
305	72.5	275	340	172.5	150
297.5	67.5	275	397.5	150	150
270	55	250	387.5	100	150
232.5	62.5	250	327.5	60	150
215	75	250	315	52.5	150
207.5	100	250	270	30	125
220	132.5	250	100	212.5	125
227.5	140	250	462.5	207.5	125
270	150	250	270	182.5	125
315	145	250	352.5	185	125
345	130	250	407.5	155	125
307.5	72.5	250	402.5	100	125
300	67.5	250	330	57.5	125
270	50	225	317.5	50	125
207.5	40	225	270	15	100
167.5	165	225	90	220	100
202.5	165	225	150	217.5	100
270	160	225	270	192.5	100
320	150	225	360	190	100
360	135	225	440	167.5	100
352.5	100	225	430	100	100
312.5	70	225	337.5	55	100
302.5	65	225	325	45	100





**LAMPIRAN E**  
**OUTPUT SOFTWARE WINSURF**



## 1. Lokasi Laut Seram, Potongan 1, Arah 0°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 13 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 9

Density contrast : 2.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners.

X	Y
13.192	1.278
18.236	0.870
29.877	0.781
122.610	0.391
141.235	1.101
159.083	1.491
173.051	1.864
202.152	2.343
11.252	1.562

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	1.9
15.0	35.2	35.3
35.0	73.9	74.2
65.0	94.3	95.4
120.0	131.8	131.7
130.0	113.6	112.4
137.5	93.8	91.9
145.0	73.9	76.3
157.5	57.4	57.5
167.5	39.2	40.2
180.0	22.7	23.3
195.0	8.0	8.5
220.0	0.0	0.9

## 2. Lokasi Laut Seram, Potongan 2, Arah 35°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 22 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 9

Density contrast : 2.000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners.

X	Y
13.483	2.556
12.870	1.917
96.834	2.006
140.961	1.047
212.668	0.692
234.118	0.124
302.147	0.107
339.533	2.219
340.146	2.503

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-2.1	2.5
12.5	22.9	21.4
55.0	47.9	48.3
112.5	72.9	72.3
127.5	97.9	98.3
142.5	122.9	122.1
160.0	129.2	130.2
175.0	135.4	136.4
190.0	143.5	142.5
205.0	147.9	148.6
222.5	172.9	172.7
235.0	197.9	198.0
265.0	197.9	198.5
297.5	197.9	197.2
307.5	172.9	170.3
312.5	147.9	146.6
317.5	122.9	123.3
322.5	97.9	100.3
327.5	72.9	77.6
335.0	47.9	44.1
340.0	22.9	19.5
347.5	-2.1	5.2



### 3. Lokasi Laut Seram, Potongan 3, Arah 45°

#### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 19 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 9

Density contrast : 2.000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners.

X	Y
9.506	2.645
28.519	1.882
59.198	1.740
76.481	0.976
114.506	0.870
139.136	0.284
201.358	0.337
234.630	2.467
237.222	2.769

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-2.1	2.6
15.0	23.0	20.6
25.0	48.1	49.6
50.0	73.3	73.3
65.0	98.5	98.1
72.5	123.5	123.7
107.5	148.8	149.3
125.0	174.0	172.0
137.5	199.1	196.8
167.5	199.3	199.7
195.0	199.6	197.2
205.0	174.7	175.4
210.0	149.7	149.3
215.0	124.7	123.4
220.0	99.8	98.0
225.0	74.8	73.1
230.0	49.9	48.8
235.0	24.9	24.9
245.0	0.0	5.2

#### 4. Lokasi Laut Seram, Potongan 4, Arah 90°

##### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 19 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 9

Density contrast : 2.000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners.

X	Y
6.984	2.716
22.857	1.757
39.365	0.941
71.429	0.266
126.032	0.266
144.127	1.047
159.683	2.077
165.714	2.432
165.079	2.680

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-2.1	4.5
10.0	23.0	20.4
17.5	48.1	51.6
22.5	73.2	74.0
27.5	98.2	94.5
35.0	123.3	124.4
42.5	148.4	148.0
57.5	173.6	175.5
70.0	198.7	197.3
95.0	199.0	200.1
120.0	199.3	198.6
132.5	174.5	173.6
140.0	149.5	145.9
145.0	124.6	125.3
150.0	99.7	99.2
155.0	74.7	73.3
160.0	49.8	48.3
165.0	24.8	23.4
180.0	0.0	3.3



## 5. Lokasi Laut Seram, Potongan 5, Arah 135°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 14 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 9

Density contrast : 2.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners.

X	Y
8.721	2.379
10.617	2.077
44.744	1.811
58.395	1.030
87.213	0.834
92.522	0.586
169.118	1.030
167.601	1.349
194.903	2.308

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-2.1	2.7
10.0	17.2	15.4
25.0	33.6	33.9
42.5	48.6	47.6
50.0	69.3	70.3
55.0	91.5	91.4
65.0	110.8	111.8
85.0	124.3	124.2
95.0	143.6	143.0
127.5	125.0	127.5
165.0	103.6	103.3
170.0	75.7	75.9
180.0	45.0	44.0
215.0	0.0	1.5

## 6. Lokasi Laut Seram, Potongan 6, Arah 157,5°

GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 13 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 9

Density contrast : 2.000

Strike lengths : 100.00 100.00

X and Y positions of the bodys corners.

X	Y
12.403	2.254
38.492	2.254
42.769	1.953
67.575	1.935
81.261	1.385
121.464	1.065
124.885	0.817
233.519	1.686
227.103	2.379

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-2.1	0.5
35.0	5.1	4.5
45.0	23.9	23.8
67.5	34.8	34.0
75.0	55.0	53.5
85.0	73.8	75.8
100.0	89.4	87.6
120.0	101.8	103.1
130.0	120.6	119.4
180.0	89.2	89.8
220.0	64.1	62.6
230.0	32.8	34.1
242.5	0.0	3.1





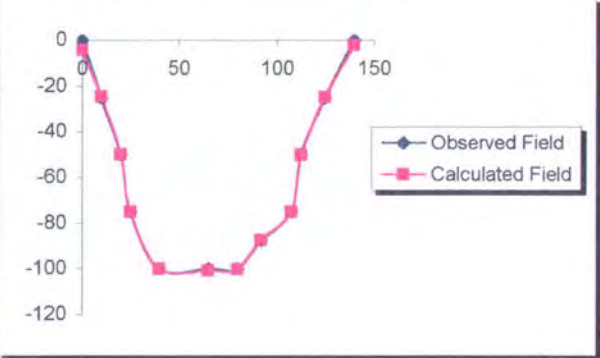
**LAMPIRAN C**  
**GRAFIK PERBANDINGAN DATA PETA**  
**(*OBSERVED FIELD*) DENGAN DATA**  
**INTERPRETASI (*CALCULATED FIELD*)**



Lokasi Observasi 1 (Laut Maluku I)

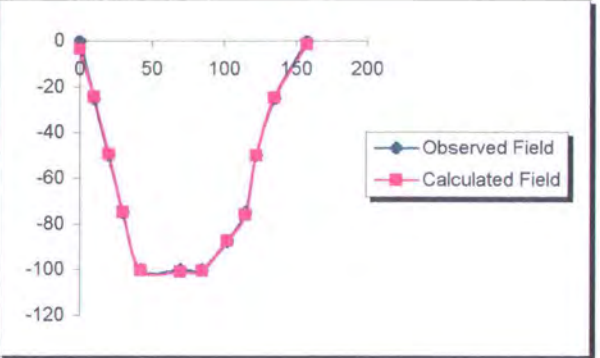
Potongan 1, Arah 0°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-4.2
10	-25	-24.6
20	-50	-49.9
25	-75	-74.9
40	-100	-99.9
65	-100	-100.6
80	-100	-100.2
92	-87.5	-87.3
107.5	-75	-74.9
112.5	-50	-50.1
125	-25	-24.7
140	0	-2.2



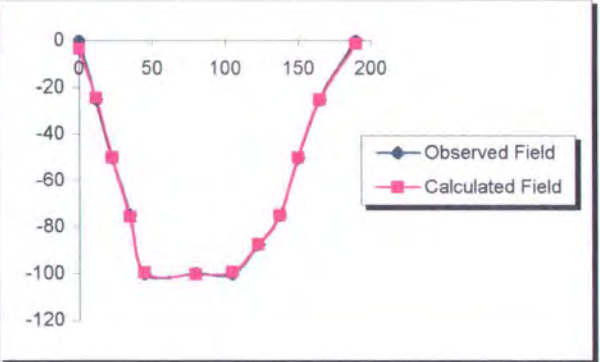
Potongan 2, Arah 22,5°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-3.5
10	-25	-24.3
20	-50	-49.5
30	-75	-74.6
42.5	-100	-100.2
70	-100	-100.9
85	-100	-100.5
102.5	-87.5	-87.4
115	-75	-75.8
122.5	-50	-49.9
135	-25	-24.8
157.5	0	-1.4



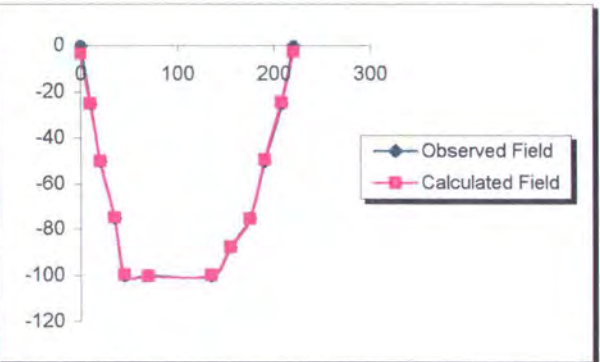
Potongan 3, Arah 45°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-3.4
12	-25	-24.4
22.5	-50	-50.2
35	-75	-75.6
45	-100	-99.6
80	-100	-100.2
105	-100	-99.4
122.5	-87.5	-87.7
137.5	-75	-74.9
150	-50	-50
165	-25	-25.1
190	0	-1.3



Potongan 4, Arah 67,5°

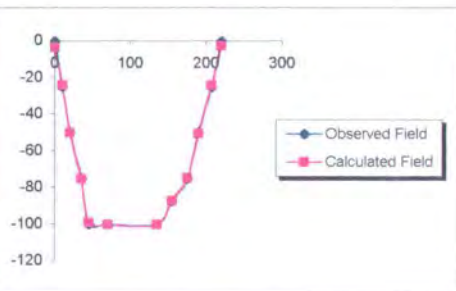
Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-3.5
10	-25	-25
20	-50	-50
35	-75	-74.9
45	-100	-99.4
70	-100	-100.3
135	-100	-99.8
155	-87.5	-87.6
175	-75	-75.3
190	-50	-49.5
207.5	-25	-24.5
220	0	-2.5





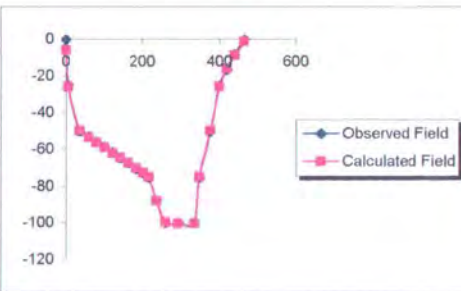
Potongan 5, Arah 90°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-3.5
10	-25	-24.3
20	-50	-50.3
35	-75	-75.2
45	-100	-99.4
70	-100	-100.5
135	-100	-100.5
155	-87.5	-87.4
175	-75	-74.8
190	-50	-50.4
207.5	-25	-24.2
220	0	-2.6



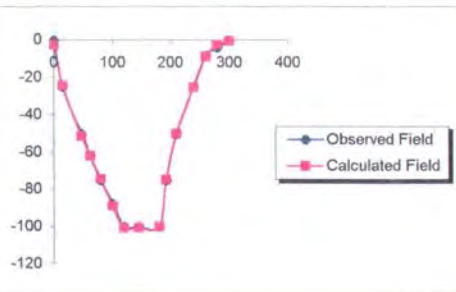
Potongan 6, Arah 100°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-5.7
5	-25	-25.6
35	-50	-49.6
60	-52.8	-53.3
80	-55.9	-56.1
100	-58.5	-58.8
122.5	-61.5	-61.9
142.5	-64.6	-64.5
162.5	-67.4	-67.2
185	-70.4	-70.3
202.5	-72.9	-72.6
217.5	-75	-74.8
237.5	-87.5	-87.6
260	-100	-99.6
292.5	-100	-100.2
335	-100	-100.2
347.5	-75	-74.8
376.5	-50	-49.5
400	-25	-25.5
420	-16.7	-16
440	-8.3	-8.6
465	0	-0.8



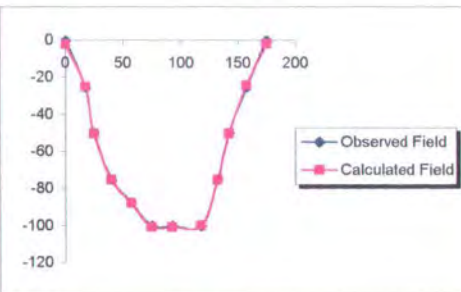
Potongan 7, Arah 112,5°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-2.5
15	-25	-24.3
47.5	-50	-51.3
62.5	-61.7	-61.9
80	-75	-74.3
100	-87.5	-88.9
120	-100	-100.5
145	-100	-100.6
180	-100	-100
192.5	-75	-74.7
210	-50	-50.1
240	-25	-25.1
260	-8.3	-8.9
280	-4.1	-2.5
300	0	-0.6



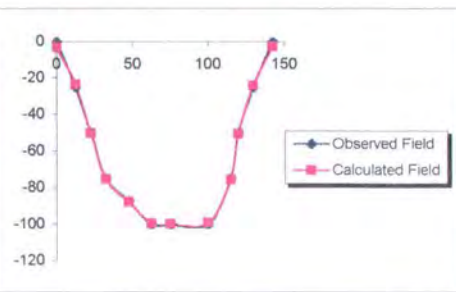
Potongan 8, Arah 135°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-2.1
17.5	-25	-24.9
25	-50	-50.1
40	-75	-75
57.5	-87.5	-87.6
75	-100	-100.7
92.5	-100	-100.7
117.5	-100	-99.9
132.5	-75	-75
142.5	-50	-50.2
157.5	-25	-24.1
175	0	-1.8



Potongan 9, Potongan 9, Arah 157,5°

Position	Observed Field	Calculated Field
0	0	-3
12.5	-25	-23.5
22.5	-50	-50.2
32.5	-75	-75.3
47.5	-87.5	-87.8
62.5	-100	-99.4
75	-100	-99.8
100	-100	-99.3
115	-75	-75.6
120	-50	-50.4
130	-25	-24.2
142.5	0	-2.6



## 8. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 8, Arah 135°

GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 12 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 11 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
9.568	2.609
16.358	2.237
20.679	1.509
37.654	0.781
62.654	0.373
68.519	0.142
122.840	0.124
133.333	0.710
136.111	1.189
159.259	1.651
156.790	2.538

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-2.1
17.5	-25.0	-24.9
25.0	-50.0	-50.1
40.0	-75.0	-75.0
57.5	-87.5	-87.6
75.0	-100.0	-100.7
92.5	-100.0	-100.7
117.5	-100.0	-99.9
132.5	-75.0	-75.0
142.5	-50.0	-50.2
157.5	-25.0	-24.1
175.0	0.0	-1.8



## 9. Lokasi Laut Maluku I, Potongan 9, Arah 157,5°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 12 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 11 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
5.780	2.609
10.556	2.166
19.352	1.580
30.410	0.763
44.233	0.550
57.804	0.195
101.283	0.178
116.362	0.692
117.619	1.367
131.190	1.544
128.677	2.609

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-3.0
12.5	-25.0	-23.5
22.5	-50.0	-50.2
32.5	-75.0	-75.3
47.5	-87.5	-87.8
62.5	-100.0	-99.4
75.0	-100.0	-99.8
100.0	-100.0	-99.3
115.0	-75.0	-75.6
120.0	-50.0	-50.4
130.0	-25.0	-24.2
142.5	0.0	-2.6

## 1. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 1, Arah 0°

GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 12 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 10 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
11.243	2.308
13.889	1.562
36.376	1.527
85.317	1.296
153.439	0.959
214.286	0.675
271.164	0.391
285.714	0.905
316.138	1.917
351.190	2.308

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-0.1	-1.6
20.0	-29.1	-29.2
37.5	-32.6	-32.4
110.0	-47.1	-47.2
155.0	-56.1	-56.4
197.5	-64.6	-64.7
250.0	-75.0	-75.1
267.5	-78.5	-78.2
285.0	-57.0	-58.5
302.5	-35.5	-34.8
322.5	-14.5	-14.1
375.0	0.0	-0.5



## 2. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 2, Arah 22,5°

GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 14 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 10 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
6.772	2.450
21.446	1.704
28.783	1.456
40.635	0.941
38.942	0.479
48.536	0.124
272.028	0.568
278.801	1.172
296.861	1.402
305.326	2.450

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-2.1
17.5	-23.6	-22.6
32.5	-47.4	-47.5
40.0	-71.8	-72.4
55.0	-95.6	-95.3
70.0	-94.4	-94.6
90.0	-92.8	-93.2
122.5	-90.2	-90.7
150.0	-88.0	-88.5
200.0	-84.0	-84.3
260.0	-79.2	-78.5
280.0	-52.6	-53.0
300.0	-26.0	-25.9
320.0	0.6	-1.6

### 3. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 3, Arah 45°

GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 14 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 10 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
5.556	2.396
8.951	1.864
14.506	1.456
23.765	1.083
32.407	0.469
35.185	0.089
143.519	0.515
144.136	1.260
165.741	1.260
164.198	2.396

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.1	-3.2
10.0	-23.4	-23.4
20.0	-46.8	-46.8
30.0	-70.3	-71.0
40.0	-93.8	-93.8
55.0	-91.5	-92.1
70.0	-89.2	-89.9
90.0	-86.1	-86.6
105.0	-83.8	-84.1
120.0	-81.5	-81.4
130.0	-79.9	-79.4
145.0	-52.6	-52.5
165.0	-24.6	-24.4
175.0	2.0	-2.8



#### 4. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 4, Arah 67,5°

GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 14 Observation points.

The units used were Km.

Body 1

No. of corners is 10 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
4.233	2.325
9.524	1.704
16.402	1.544
24.868	1.207
36.243	0.550
41.534	0.071
129.630	0.391
127.513	1.118
139.418	0.994
140.476	2.343

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-3.1
10.0	-23.4	-22.9
25.0	-45.9	-46.4
35.0	-69.3	-69.4
47.5	-92.3	-92.0
62.5	-89.8	-90.3
75.0	-87.8	-88.6
67.5	-89.0	-89.6
102.5	-83.3	-84.3
115.0	-81.2	-81.9
122.5	-80.0	-79.8
130.0	-53.8	-54.4
140.0	-27.2	-26.9
150.0	-0.5	-2.9

## 5. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 5, Arah 90°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 14 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 10 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
8.157	2.290
21.534	1.828
38.501	1.757
56.446	1.207
72.434	0.568
76.023	0.124
163.792	0.320
168.686	1.101
174.233	1.349
178.148	2.254

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-1.1
30.0	-21.0	-20.5
55.0	-42.7	-42.5
70.0	-65.8	-66.1
85.0	-88.8	-87.8
102.5	-86.5	-86.4
120.0	-84.2	-84.6
132.5	-82.5	-83.2
142.5	-81.2	-82.0
152.5	-79.9	-80.4
160.0	-78.9	-78.5
167.5	-52.9	-53.6
175.0	-26.9	-26.5
185.0	-0.6	-3.0



## 6. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 6, Arah 112,5°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 14 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 10 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
9.700	2.361
17.072	1.775
31.817	1.651
54.709	1.314
66.737	0.834
73.721	0.213
197.108	0.479
194.780	1.118
211.076	1.083
208.360	2.343

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	1.7	-1.5
17.5	-21.3	-21.1
52.5	-42.3	-42.3
67.5	-65.6	-65.5
92.5	-87.7	-86.9
127.5	-83.7	-83.9
147.5	-81.4	-81.9
160.0	-80.0	-80.6
170.0	-78.8	-79.5
182.5	-77.4	-77.8
190.0	-76.6	-76.0
200.0	-50.4	-50.4
210.0	-24.3	-25.4
220.0	1.9	-2.8

## 7. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 7, Arah 135°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 14 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 10 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
6.217	2.450
15.750	1.882
24.039	1.420
28.183	0.941
38.545	0.604
45.591	0.178
205.159	0.586
208.060	1.225
220.079	1.225
219.665	2.450

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	1.0	-2.4
15.0	-22.4	-22.0
25.0	-46.3	-46.4
35.0	-70.2	-70.2
60.0	-92.5	-92.4
110.0	-87.0	-87.5
115.0	-86.4	-87.0
155.0	-82.1	-82.6
170.0	-80.4	-80.8
185.0	-78.8	-78.9
195.0	-77.7	-77.2
210.0	-51.0	-50.6
220.0	-24.9	-25.1
235.0	1.7	-2.1



## 8. Lokasi Laut Maluku II, Potongan 8, Arah 157,5°

### GRAV2DC FOR WINDOWS

There is one body in the model.

There are 14 Observation points.

The units used were Km.

#### Body 1

No. of corners is 10 Density contrast : -1.000

Strike lengths : 1000.00 1000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

X	Y
6.878	2.432
9.744	1.953
12.610	1.402
26.940	0.994
31.526	0.479
37.831	0.089
255.071	0.515
270.547	1.189
304.938	1.243
305.511	2.432

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	0.0	-3.2
10.0	-24.2	-22.4
20.0	-48.4	-49.8
30.0	-72.7	-71.8
42.5	-96.7	-96.0
70.0	-94.6	-94.7
120.0	-90.7	-90.9
150.0	-88.3	-88.5
170.0	-86.8	-86.8
205.0	-84.1	-83.9
235.0	-81.7	-81.2
270.0	-54.0	-53.7
305.0	-26.3	-26.8
325.0	0.3	-1.5

## VOLUME COMPUTATIONS

### 1. LOKASI OBSERVASI 1 (LAUT MALUKU I)

#### UPPER SURFACE

Grid File:

D:/DIDIKT~1/TUGASA~1/GEOPHY~1/WINSURF/MLK1.GRD

Rows: 0 to 32766

Cols: 0 to 32766

Grid size as read: 16 cols by 50 rows

Delta X: 9.83333

Delta Y: 9.23469

X-Range: 17.5 to 165

Y-Range: 7.5 to 460

Z-Range: -9.19802 to 123.249

#### LOWER SURFACE

Level Surface defined by  $Z = 0$

#### VOLUMES

Approximated Volume by

Trapezoidal Rule: 4.47727E+006

Simpson's Rule: 4.4726E+006

Simpson's 3/8 Rule: 4.46964E+006

#### CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cuts]: 4.49104E+006

Negative Volume [Fills]: 13597.7

Cuts minus Fills: 4.47745E+006

#### AREAS

Positive Planar Area

(Upper above Lower): 64071

Negative Planar Area

(Lower above Upper): 2672.76

Blanked Planar Area: 0

Total Planar Area: 66743.8

Positive Surface Area

(Upper above Lower): 98283

Negative Surface Area

(Lower above Upper): 3156.1



## 2. LOKASI OBSERVASI 2 (LAUT MALUKU II)

### UPPER SURFACE

Grid File:  
D:/DIDIKT~1/TUGASA~1/GEOPHY~1/WINSURF/MLK2.GRD  
Rows: 0 to 32766  
Cols: 0 to 32766  
Grid size as read: 50 cols by 29 rows  
Delta X: 7.70408  
Delta Y: 7.94643  
X-Range: 32.5 to 410  
Y-Range: 10 to 232.5  
Z-Range: -5.71693 to 138.525

### LOWER SURFACE

Level Surface defined by  $Z = 0$

### VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: 5.05537E+006  
Simpson's Rule: 5.05347E+006  
Simpson's 3/8 Rule: 5.05293E+006

### CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cuts]: 5.07584E+006  
Negative Volume [Fills]: 20460.1  
Cuts minus Fills: 5.05538E+006

### AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 72221.4  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 11772.4  
Blanked Planar Area: 0  
Total Planar Area: 83993.8

Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 112518  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 12110.3

### 3. LOKASI OBSERVASI 3 (LAUT SERAM)

#### UPPER SURFACE

Grid File:  
D:/DIDIKT~1/TUGASA~1/GEOPHY~1/WINSURF/SERAM.GRD  
Rows: 0 to 32766  
Cols: 0 to 32766  
Grid size as read: 50 cols by 35 rows  
Delta X: 7.60204  
Delta Y: 7.72059  
X-Range: 90 to 462.5  
Y-Range: 15 to 277.5  
Z-Range: 54.7399 to 316.075

#### LOWER SURFACE

Level Surface defined by  $Z = 0$

#### VOLUMES

Approximated Volume by  
Trapezoidal Rule: 1.58488E+007  
Simpson's Rule: 1.58531E+007  
Simpson's 3/8 Rule: 1.58522E+007

#### CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cuts]: 1.58484E+007  
Negative Volume [Fills]: 0  
Cuts minus Fills: 1.58484E+007

#### AREAS

Positive Planar Area  
(Upper above Lower): 97781.3  
Negative Planar Area  
(Lower above Upper): 0  
Blanked Planar Area: 0  
Total Planar Area: 97781.3

Positive Surface Area  
(Upper above Lower): 165644  
Negative Surface Area  
(Lower above Upper): 0





## RESIDUALS ANOMALY

### 1. LOKASI OBSERVASI 1 (LAUT MALUKU I)

Sumbu X	Sumbu Y	Anomaly	Residuals Anomaly
60	172.5	0	-1.202664
60	185	0	-1.339124
60	200	0	-4.427224
65	217.5	0	-6.755931
82.5	217.5	0	-0.849346
90	205	0	-0.3293436
92.5	195	0	9.984399E-2
95	185	0	0.1173344
97.5	177.5	0	-0.5520227
98	172.5	0	9.140858E-3
100	167.5	0	-0.6517703
102.5	157.5	0	-0.9230883
100	137.5	0	-0.5313582
82.5	127.5	0	-2.2958
75	132.5	0	-3.451583
70	142.5	0	-1.892686
65	155	0	-1.044746
62.5	165	0	-0.6926074
82.5	235	12.5	-1.851464
92.5	227.5	12.5	0.1517029
100	215	12.5	0.9533863
107.5	200	12.5	0.1988039
110	185	12.5	0.5490198
110	172.5	12.5	1.426714
112.5	162.5	12.5	0.7126799
112.5	142.5	12.5	0.6620865
107.5	117.5	12.5	-0.5770006
45	172.5	25	-4.483889
47.5	190	25	-1.367125
52.5	205	25	1.626801
60	227.5	25	-7.76852
82.5	250	25	-1.177551
92.5	247.5	25	1.235937
107.5	235	25	0.1624699
120	212.5	25	-3.436523
125	190	25	-3.417791
125	172.5	25	-3.512695
125	157.5	25	-5.045982
124	135	25	-2.965162
114	100	25	-2.040695
82.5	107.5	25	-1.282274
72.5	120	25	0.3719006
65	130	25	0.1106091

Sumbu X	Sumbu Y	Anomaly	Residuals Anomaly
57.5	145	25	0.287611
50	157.5	25	-2.442533
82.5	267.5	26.953	-4.451548
100	260	26.953	0.178957
112.5	250	26.953	-4.445581
102.5	280	29.557	-3.406925
105	300	32.639	-4.226265
110	320	35.417	-6.632805
115	340	38.514	-1.023785
120	360	41.549	-1.588299
122.5	380	44.09	-0.9672165
125	400	47.183	-0.2395897
40	172.5	50	2.316399
40	192.5	50	1.150658
45	215	50	-4.298908
55	242.5	50	-4.474239
82.5	287.5	50	-0.8207397
130	425	50	-2.899738
120	265	50	0.6945076
130	222.5	50	-3.609936
132.5	195	50	0.4468307
130	172.5	50	7.606552
130	155	50	6.488014
132.5	125	50	1.401428
120	85	50	-0.6401062
82.5	80	50	-1.70586
70	100	50	1.214264
60	115	50	0.3990211
50	137.5	50	1.035271
17.5	155	50	-1.85244
30	172.5	75	-9.931946E-2
30	196.5	75	-0.7391739
37.5	220	75	-5.974579E-2
52.5	225	75	20.46151
82.5	305	75	0.9850922
135	450	75	-1.304733
132.5	292.5	75	0.1225052
135	227.5	75	2.328918
142.5	200	75	0.8282242
144	172.5	75	0.1422806
145	150	75	0.5028992
145	112.5	75	0.7419586
127.5	70	75	-1.079163
82.5	57.5	75	-1.078545
62.5	67.5	75	0.6853333
47.5	85	75	-0.3892136
37.5	125	75	-1.790001



Sumbu X	Sumbu Y	Anomaly	Residuals Anomaly
35	150	75	4.390228
60	47.5	83.333	-1.082634
40	65	83.333	-0.7709961
55	27.5	91.667	-0.8188629
32.5	50	91.667	-0.0584259
20	172.5	100	6.304649
20	200	100	2.753502
25	230	100	0.5791245
47.5	260	100	5.297607
82.5	317.5	100	11.24119
137.5	460	100	3.029427
140	307.5	100	8.820229
147.5	240	100	2.614792
155	202.5	100	0.626564
160	172.5	100	1.301727
165	140	100	0.3465576
162.5	97.5	100	1.023216
130	57.5	100	4.378151
82.5	35	100	1.824837
52.5	7.5	100	-0.484642
25	30	100	0.3398819
27.5	117.5	100	1.091026
22.5	147.5	100	15.59237

## 2. LOKASI OBSERVASI 2 (LAUT MALUKU II)

Sumbu X	Sumbu Y	Anomaly	Residuals Anomaly
191	75	0	0.1608342
187.5	75	0	0.1678943
182.5	77.5	0	0.1939858
172.5	80	0	0.4612387
145	85	0	1.862715
160	97.5	0	-0.3379143
180	100	0	0.2158675
187.5	100	0	8.978289E-2
197.5	100	0	6.897597E-2
205	97.5	0	6.595224E-2
217.5	95	0	0.152467
235	85	0	0.90574
217.5	75	0	0.3426508
202.5	75	0	0.1658919
197.5	75	0	0.1505593
192.5	65	0	0.1747083
182.5	65	0	0.1376527
172.5	65	0	0.3576872
140	62.5	0	-2.097866

Sumbu X	Sumbu Y	Anomaly	Residuals Anomaly
75	85	0	-2.333631
142.5	105	0	-1.894148
167.5	110	0	-0.2632447
180	112.5	0	0.3293234
192.5	115	0	0.2510137
205	117.5	0	0.5094621
225	120	0	0.4652515
267.5	115	0	1.324353
287.5	85	0	0.770175
260	57.5	0	-1.894364
212.5	65	0	0.4107069
202.5	65	0	-0.1638234
192.5	59	0	-2.445618
180	59	0	-2.896673
165	57.5	0	-2.564222
115	55	0	-3.515597
60	85	0	-4.476103
130	110	0	-5.279425
157.5	120	0	-5.124538
175	125	0	-3.411512
192.5	132.5	0	-2.875785
217.5	150	0	-2.684968
262.5	155	0	-1.755616
287.5	125	0	-2.373436
305	85	0	-3.013695
320	32.5	0	-3.795525
220	55	0	-6.160447
202.5	57.5	0	-1.003644
190	50	25	0.1975136
177.5	50	25	-1.278877E-2
155	50	25	3.688622E-2
82.5	40	25	-0.3624687
37.5	85	25	-1.108311
115	115	25	-1.943331
150	112.5	25	6.200342
170	137.5	25	0.0773716
190	147.5	25	-0.8015804
227.5	170	25	-0.7620258
277.5	170	25	-1.688738
302.5	130	25	-0.982357
322.5	85	25	1.172661
337.5	25	25	-0.1948376
245	45	25	-1.373011
212.5	50	25	2.713924
192.5	42.5	50	0.267128
175	42.5	50	0.5798988
150	40	50	-9.403992E-2



Sumbu X	Sumbu Y	Anomaly	Residuals Anomaly
52.5	27.5	50	-0.6026077
107.5	120	50	0.9142265
142.5	135	50	-2.516174E-2
165	147.5	50	0.7664909
192.5	160	50	2.338947
232.5	185	50	0.2630615
285	180	50	-3.133045
310	132.5	50	1.738907
342.5	100	50	-2.546322
357.5	17.5	50	-0.3604774
245	35	50	8.591843E-2
212.5	40	50	-0.3173027
192.5	35	75	2.613373
170	34.5	75	1.876556
137.5	30	75	5.343155
32.5	20	75	1.535484
95	125	75	1.198334
135	142.5	75	0.105751
160	160	75	-1.264412
190	187.5	75	-0.4466782
245	217.5	75	-1.851112
290	185	75	2.989388
320	137.5	75	0.2187042
360	85	75	2.887604
375	10	75	1.404282
252.5	24.5	75	5.01815
212.5	32.5	75	3.745613
77.5	130	100	2.640579
127.5	150	100	3.884918
156.5	170	100	1.865791
190	220	100	0.3019104
252.5	232.5	100	1.106201
302.5	195	100	1.150169
329	142.5	100	5.210243
410	82.5	100	1.229095E-2

### 3. LOKASI OBSERVASI 3 (LAUT SERAM)

Sumbu X	Sumbu Y	Anomaly	Residuals Anomaly
270	76	300	8.242798E-2
245	75	300	5.611206
235	82.5	300	4.036438
240	100	300	-0.2896423
245	117.5	300	3.423218
250	120	300	2.437195
270	125	300	2.433441

Sumbu X	Sumbu Y	Anomaly	Residuals Anomaly
295	122.5	300	0.6029053
320	117.5	300	6.588776
325	100	300	5.122894
295	82.5	300	1.599243
287.5	80	300	-0.1657104
270	62.5	275	2.47641
242.5	71	275	-3.060303
227.5	80	275	-0.2495728
222.5	100	275	0.3058777
235	122.5	275	-0.4414978
240	127.5	275	-0.2505188
270	135	275	-2.146027
250	130	275	-0.7553101
327.5	122.5	275	-2.065002
337.5	100	275	3.107971
305	72.5	275	16.05405
297.5	67.5	275	10.11255
270	55	250	3.796906
232.5	62.5	250	-0.1621246
215	75	250	-1.13324
207.5	100	250	-1.734085
220	132.5	250	-0.9214325
227.5	140	250	0.5171051
270	150	250	2.041382
315	145	250	3.356888
345	130	250	1.703781
317.5	100	250	-5.018692
307.5	72.5	250	-0.2673645
300	67.5	250	-5.830795
270	50	225	1.588623
207.5	40	225	3.152252
167.5	165	225	4.033112
202.5	165	225	5.157104
270	160	225	4.951416
320	150	225	0.7977295
360	135	225	5.478729
352.5	100	225	-1.061966
312.5	70	225	1.426041
302.5	65	225	-9.195908
270	45	200	0.3220673
155	175	200	2.221451
195	171	200	-3.672699
270	165	200	0.2286987
322.5	155	200	-3.826813
367.5	137.5	200	-1.929642
362.5	100	200	-0.3286438
315	66	200	0.6848602



Sumbu X	Sumbu Y	Anomaly	Residuals Anomaly
307.5	60	200	3.589493
270	40	175	0.1397095
142.5	257.5	175	5.355515
185	255	175	4.277451
270	170	175	-0.9885712
352.5	160	175	0.4801178
402.5	140	175	5.932114
375	100	175	0.2199707
320	65	175	-6.237244
310	57.5	175	-4.559464
270	35	150	-1.521927
115	277.5	150	0.3265839
170	275	150	-3.238373
270	175	150	-4.316147
340	172.5	150	-1.437057
397.5	150	150	-2.241409
387.5	100	150	-0.2617035
327.5	60	150	3.966782
315	52.5	150	3.756546
270	30	125	-5.453918
100	212.5	125	3.60218
462.5	207.5	125	0.5186996
270	182.5	125	-3.228882
352.5	185	125	2.651863
407.5	155	125	-2.63559
402.5	100	125	-0.6412964
330	57.5	125	-4.442688
317.5	50	125	-5.803574
270	15	100	-1.858879
90	220	100	-4.625443
150	217.5	100	-6.482849
270	192.5	100	-4.48436
360	190	100	-5.963486
440	167.5	100	-1.264709
430	100	100	-0.7182693
337.5	55	100	-6.754265
325	45	100	-0.885231



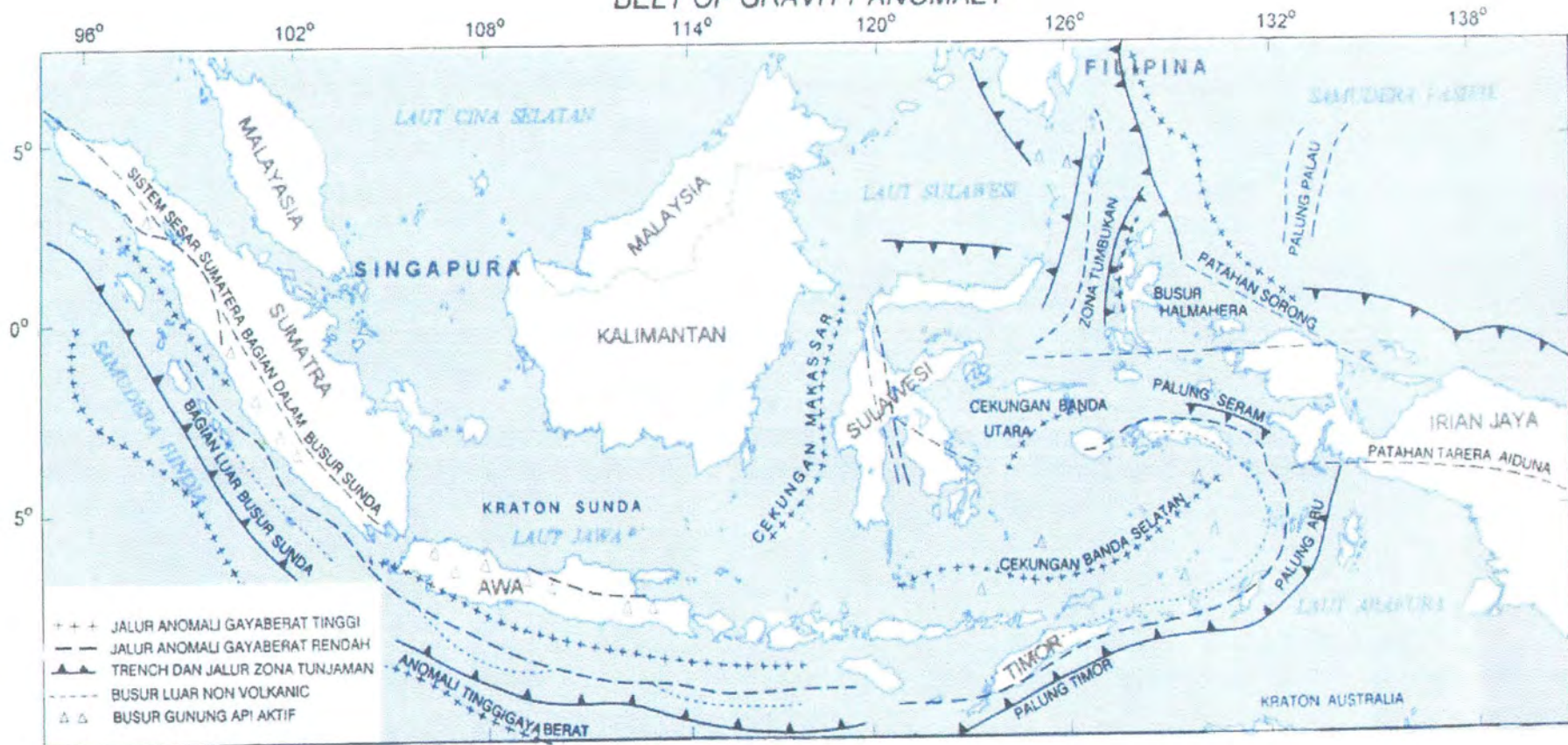
**LAMPIRAN F**  
**PETA PENDUKUNG**



# PETA CEKUNGAN MINYAK DAN GAS BUMI INDONESIA



# JALUR ANOMALI GAYABERAT BELT OF GRAVITY ANOMALY



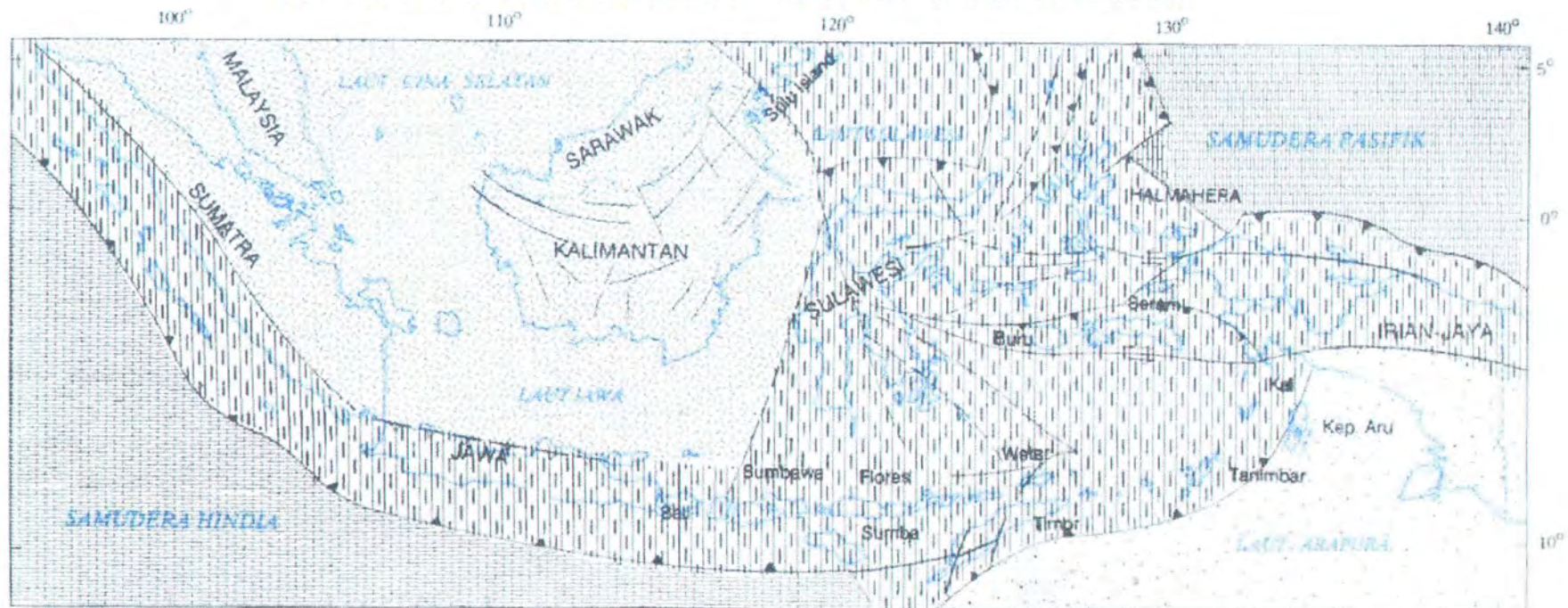


# JARINGAN TITIK DASAR GAYABERAT INDONESIA GRAVITY BASE STATION NETWORK OF INDONESIA



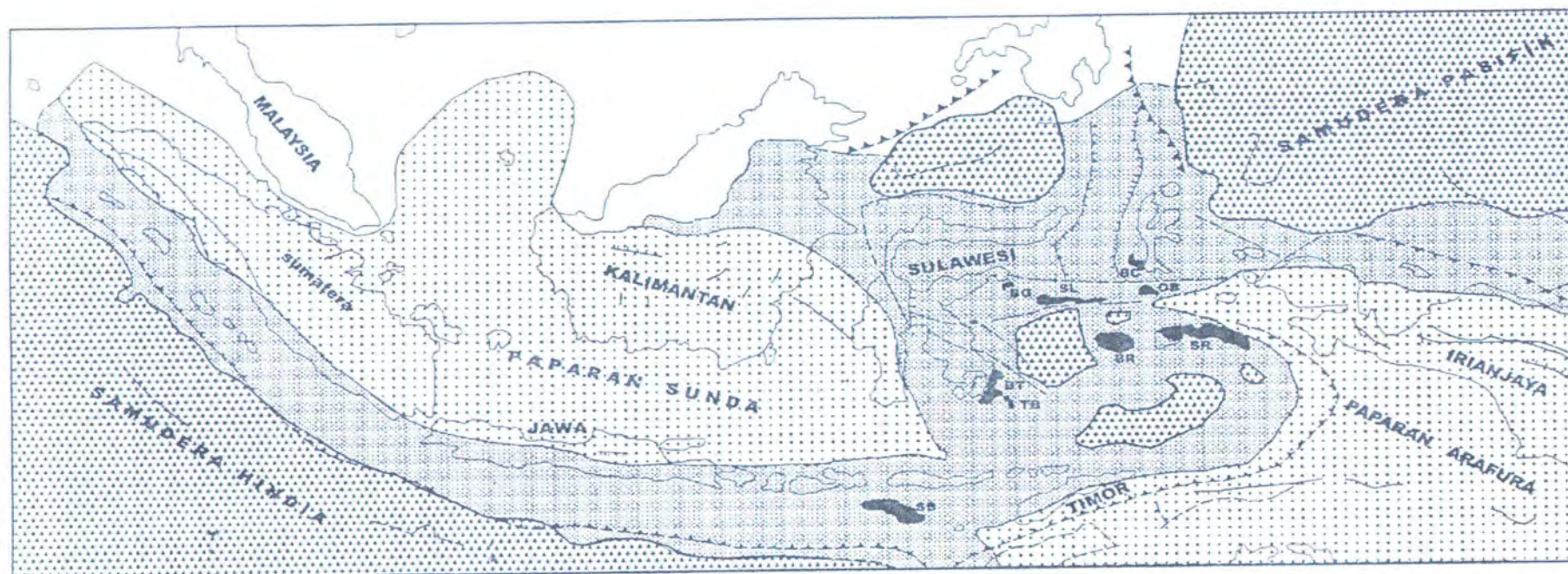


# TEKTONIK DAN JENIS KERAKBUMI WILAYAH INDONESIA TECTONIC AND CRUSTAL ELEMENTS OF INDONESIAN REGION





# **BATAS KERAK SAMUDERA DAN BATAS KRATON BERDASARKAN PETA ANOMALI BOUGUER INDONESIA SKALA 1:5.000.000 (SOBARI DKK, 1993)**



- - - Batas kraton pada anomali Bouguer 0 mGal  
 - - - Batas kerak samudera pada anomali Bouguer 300 mGal

[Dotted pattern] Kerak benua  
 [Cross-hatched pattern] Kerak samudera  
 [Diagonal lines pattern] Lajur transisi; hasil penujaman dan benturan  
 [Solid black] Mintakat pindahan

[Thick line with triangles] Sesar utama di darat  
 [Thin line with triangles] Sesar sungkup utama di darat dan di laut  
 [Dashed line] Struktur utama di laut  
 [Thin line with dots] Sesar belakang busur di laut  
 [Line with triangles] Lajur turjaman di laut

BC = Bacan  
 OB = Obi  
 SL = Sula  
 BG = Banggai  
 BR = Buru  
 SR = Seram  
 BT = Buton  
 TB = Tukang Besi  
 SB = Sumba









**LAMPIRAN G**  
**LEMBAR PRESENSI DAN EVALUASI**  
**TUGAS AKHIR**





**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN**

Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp./Fax. 031-5928105, 5994251-5 Pes. 1104-1105

**LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR**

Nama Mahasiswa : Didik Setya Pramono

Nomor Pokok : 4398.100.045

Dosen Pembimbing : Dr. Drs. H. Mahmud Mustain, M.Sc

Tugas Dimulai : 14 Februari 2002

Diselesaikan :

Judul Tugas Akhir : Interpretasi Anomali Medan Gravitasi Di Laut Maluku Dan  
Laut Seram Untuk Eksplorasi Di Bawah Dasar Laut

No.	Tanggal	Konsultasi Mengenai	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	21 Feb. 2002	Revisi proposal Tugas Akhir	
2	28 Feb. 2002	Bab I Pendahuluan	
3	22 Mar 2002	Bab II Tinjauan pustaka & Landasan Teori	
4	27 Mar 2002	Bab III Metodologi	
5	3 Apr 2002	Pembacaan peta Anomali Bouguer	
6	16 Apr 2002	Software Grav2dc	
7	28 Apr 2002	Output Grav 2dc	
8	13 Mei 2002	Metode Talwan dengan pendekatan Bola sebagai pembanding output Grav 2dc	
9	24 Juli 2002	Bab IV Analisa dan Pembahasan	
10	24 Juli 2002	Bab V Penutup (kesimpulan & Saran)	

Catatan: Lembar Presensi ini harus dibawa pada saat mengikuti ujian Tugas Akhir





DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp/Fax. 031-5928105, 5994251-5 Pes 1104-1105

FORMULIR EVALUASI KEMAJUAN TUGAS AKHIR

Kami, dosen pembimbing Tugas Akhir dari mahasiswa :

Nama : Didik Setya Pramono  
NRP : 4398.100.045  
Judul TA : Interpretasi Anomali Medan Gravitasi Di Laut Maluku  
Dan Laut Seram Untuk Eksplorasi Di Bawah Dasar Laut

Setelah mempertimbangkan butir-butir berikut:

- Keaktifan mahasiswa dalam mengadakan asistensi.
- Proporsi Materi TA yang telah diselesaikan sampai saat ini.
- Prospek penyelesaian TA dalam jangka waktu yang relevan.
- Masa studi yang tersisa.

Dengan ini kami mengusulkan agar TA mahasiswa tersebut diputuskan untuk :

- ☐ Dibatalkan keseluruhannya dan mengajukan judul baru.
- ☐ Diperkenankan menyelesaikan tanpa perubahan.
- ☒ Diperkenankan mengikuti Ujian Tugas Akhir dengan judul tetap/berubah.

Selanjutnya mahasiswa diatas diharuskan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhinya  
dan dapat mengikuti ujian Tugas Akhir untuk Wisuda

Surabaya, 31/07 '02

Dosen Pembimbing I

Dr. Mahmud Musta'in, M.Sc.  
NIP. 131.869.967



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS, Sukolilo Surabaya 60111 Telp/Fax. 031-5928105, 5994251-5 Pes 1104-1105

FORMULIR EVALUASI KEMAJUAN TUGAS AKHIR

Kami, dosen pembimbing Tugas Akhir dari mahasiswa :

Nama : Didik Setya Pramono  
NRP : 4398.100.045  
Judul TA : Interpretasi Anomali Medan Gravitasi Di Laut Maluku  
Dan Laut Seram Untuk Eksplorasi Di Bawah Dasar Laut

Setelah mempertimbangkan butir-butir berikut:

- Keaktifan mahasiswa dalam mengadakan asistensi.
- Proporsi Materi TA yang telah diselesaikan sampai saat ini.
- Prospek penyelesaian TA dalam jangka waktu yang relevan.
- Masa studi yang tersisa.

Dengan ini kami mengusulkan agar TA mahasiswa tersebut diputuskan untuk :

- ☐ Dibatalkan keseluruhannya dan mengajukan judul baru.
- ☐ Diperkenankan menyelesaikan tanpa perubahan.
- ☒ Diperkenankan mengikuti Ujian Tugas Akhir dengan judul tetap/berubah.

Selanjutnya mahasiswa diatas diharuskan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhimya  
dan dapat mengikuti ujian Tugas Akhir untuk Wisuda

Surabaya, 31/7/02

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc.  
NIP. 131.842.502